

COSTEO DEL CICLO DE VIDA DE UN ACTIVO:

PROYECTO UNIDAD CONSTRUCTIVA

ALVARO PÉREZ GELVES

EDUARDO CARRASQUILLA FRANCO

Trabajo de grado para optar al título de

Magíster en Administración (MBA)

Asesor temático: Elkin A. Gómez Salazar

Asesora metodológica: Beatriz Uribe de Correa



ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN (MBA)

MEDELLÍN

2013

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. ASPECTOS CONCEPTUALES DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS	17
3.1 CICLO DE VIDA DE LOS ACTIVOS	18
3.2 RENOVACION Y ADQUISICIÓN DE ACTIVOS.....	21
3.3 MODELO LCC (<i>LIFE CYCLE COSTING</i>).....	22
3.4 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LOS COSTOS DEL ACTIVO DURANTE EL CICLO DE VIDA	23
3.5 EDAD ECONÓMICA DE SUSTITUCIÓN DE ACTIVOS	26
3.6 APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE EVALUACIÓN FINANCIERA.....	31
3.7 RESULTADOS ESPERADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO LCC.....	31
4. APLICACIÓN DEL MODELO A UN ACTIVO DEL SISTEMA ELÉCTRICO	32
4.1 SELECCIÓN DEL ACTIVO	32
4.2 ESTRUCTURA DE COSTOS.....	33
4.3 CRITERIOS DE APLICACIÓN DEL MODELO LCC	35
4.4 DESARROLLO DEL MODELO.....	36
4.4.1 Datos de entrada	38
4.4.2 Construcción del flujo de caja	49

4.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	65
5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	67
6. CONCLUSIONES	73
REFERENCIAS.....	74
ANEXO: ARCHIVO EN EXCEL “FLUJO DE CAJA V0”.....	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de las fases del ciclo de vida.....	20
Tabla 2. CAPEX de la UC.....	40
Tabla 3. CAPEX de la modernización de la UC.	43
Tabla 4. CAPEX para el reemplazo de la UC.	45
Tabla 5. Plantilla del flujo de caja de la UC.....	49
Tabla 6. Avalúo catastral de la UC.....	52
Tabla 7. Modelo financiero de la UC.	59
Tabla 8. Modelo financiero para reemplazo de la UC.....	61
Tabla 9. Modelo financiero de la modernización de la UC (<i>refurbishment</i>).....	63
Tabla 10. Análisis de pagos por compensación debido a las horas de indisponibilidad de la UC.....	66
Tabla 11. Evaluación financiera de la alternativa de mantener el activo en operación.	67
Tabla 12. Evaluación financiera de la alternativa de reemplazo de la UC.	68
Tabla 13. Evaluación financiera de la alternativa de modernización de la UC (<i>refurbishment</i>)	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Costos del ciclo de vida de los activos.....	27
Figura 2. Costo global de un activo.....	28
Figura 3. Demostración de rentabilidad máxima.....	29
Figura 4. Transición del costo general para el costo anual equivalente (CAE).....	30
Figura 5. Flujo de caja con selector de alternativa de reemplazo de la UC.....	51
Figura 6. Distribución de datos de la variable disponibilidad	54
Figura 7. Horas de indisponibilidad de la UC.....	55
Figura 8. Jerarquización del ajuste	55
Figura 9. Función de la distribución normal para la variable disponibilidad.....	56
Figura 10. Función de distribución triangular.....	57
Figura 11. Función de distribución exponencial.....	58
Figura 12. Flujo de caja para el escenario 1	60
Figura 13. Flujo de caja para el escenario 2.....	62
Figura 14. Flujo de caja para el escenario 3.....	65
Figura 15. CAUE para la alternativa mantener en operación la UC.....	71
Figura 16. CAUE para la alternativa de reemplazo de la UC.....	71
Figura 17. CAUE para la alternativa de modernización de la UC (<i>refurbishment</i>).....	72

GLOSARIO Y ABREVIATURAS

ACTIVO: se define como: "...el conjunto de bienes que son de naturaleza física, tienen una vida duradera y del cual se pretende obtener beneficios" (Toro, 1993,289).

AIC (*Akaike information criterion*): se emplea como guía para decidir sobre la bondad de ajuste de datos a distribuciones de probabilidad.

AOM: administración, operación y mantenimiento.

CAE: costo anual equivalente, que es la media anual en valores actualizados de los costos que posee un activo (CAPEX, OPEX+descarte). El CAE muestra cuál es el costo medio de un activo para el año analizado.

CAPEX (*Capital Expenditures*): costos de capital, que es la inversión del proyecto, la compra y la inversión del activo.

CAUE: costo anual uniforme equivalente: es otra denominación para el CAE.

CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas de Colombia.

DDP (*Delivered Duty Paid*): entrega de derechos pagados, el vendedor cumple su obligación al entregar la mercancía en el lugar convenido.

DISPONIBILIDAD. "Se define como el tiempo total sobre un período dado, durante el cual un activo de uso del STN (Sistema de Transmisión Nacional) estuvo en servicio, o disponible para el servicio. La disponibilidad siempre estará asociada con la capacidad nominal del activo, en condiciones normales de operación (CREG011, 2009, artículo 3°).

EA: efectivo anual.

FOB (*Freight on Board*): libre a bordo, franco a bordo o puerto de carga convenido.

GPS (*Global Positioning System*): sistema de posicionamiento global.

HIDA: es el número de horas de indisponibilidad acumulada del activo UC en un periodo de doce meses que termina en el mes m (horas).

HC: es el número de horas que exceden el MHAIA.

HM: es el número de horas mes en las que se espera tener disponibilidad eléctrica.

HMI (*Human Machine Interface*): interface hombre máquina.

ICA (Impuesto de industria y comercio): Gravamen establecido sobre las actividades industriales, comerciales y de servicios en Colombia.

IEC (*International Electrotechnical Commission*): Comisión Electrotécnica Internacional.

IPP: índice de precios al productor.

LCC (*Lyfe Cycle Cost*): costo del ciclo de vida.

MHAIA: es el número máximo de horas de indisponibilidad que puede tener un activo.

OPEX (*Operational Expenditures*): costos de operación y mantenimiento.

O&M (*Operations and Maintenance*): operación y mantenimiento.

PM (*Project Management*): gerencia de proyectos.

STN: Sistema de Transmisión Nacional.

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*): supervisión del control y adquisición de datos.

SVC: por su sigla en inglés, que proviene de la expresión *Static Var Compensator*: compensación estática o compensador de potencia reactiva.

TCR: por su sigla en inglés, que proviene de la expresión *Thyristor Controlled Reactor*: reactor controlado por tiristores.

THCm-1: total de horas de indisponibilidad que excedan las MHAIA sobre las que ya se aplicó la compensación por el activo UC, en un periodo de once meses que termina en el mes m-1.

TIO: tasa interna de oportunidad.

TIR: tasa interna de retorno.

TN: Transmisor Nacional.

TRM: tasa representativa del mercado.

TSC: por su sigla en inglés, que proviene de la expresión *Thyristor Switched Capacitor*: condensador conmutado por tiristores.

UAI: utilidad antes de impuestos.

UAII: utilidad antes de intereses e impuestos.

UC: Unidad Constructiva (activo eléctrico).

UN: utilidad neta.

UMD (*Uninterruptible Motor Drives*): motor accionado por una fuente sin interrupciones.

VIDA ÚTIL: "... el lapso del tiempo (años) que un activo se mantiene en servicio productivo" (DeGarmo, Sullivan, Bontadelli y Wicks, 1997, p. 408).

VRN: valor de reposición a nuevo.

WACC (*Weighted Average Cost of Capital*): costo promedio ponderado de capital.

WBS (*Work Breakdown Structure*): estructura de descomposición del trabajo.

RESUMEN

La empresa TN (Transmisor Nacional) requiere decidir si debe realizar una modernización o un cambio del activo eléctrico unidad constructiva (UC) para lograr una mayor rentabilidad por sus servicios de transmisión de energía, de acuerdo con la normatividad expedida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas del Ministerio de Minas y Energía de Colombia (CREG), mediante la resolución CREG 011 de 2009.

El proyecto consiste en elaborar un análisis para determinar la mejor alternativa de reemplazo o modernización del activo UC, basado en el cálculo de su edad económica.

Para tomar una decisión adecuada, la norma PAS 55, expedida por la *British Standard*, recomienda la utilización del modelo *Life Cycle Costing* (LCC), que determina cuál es el momento óptimo, en términos económicos, para realizar el reemplazo del activo o unidad constructiva, después de considerar los diferentes costos en los que se incurre durante su ciclo de vida: costos de capital (CAPEX), costos de operación (OPEX) y costos de eliminación.

Después de construir el flujo de caja a 30 años y analizar las alternativas: primera, mantener el activo UC en servicio; segunda, cambiar el activo a mitad de su vida útil, y tercera, modernizar el activo (*upgrade*), se concluye, desde el punto de vista de evaluación de proyectos, que las tres alternativas son viables; sin embargo, con el indicador CAUE se determina que la mejor alternativa es mantener el activo UC en servicio, debido a que la edad económica del mismo es, como mínimo, de 25 años.

Palabras clave: LCC, CAUE, OPEX, CAPEX, activo.

ABSTRACT

Company TN (Transmisor Nacional) needs to decide whether or not it needs an update or a change of the electric asset structural unit (UC) to achieve a higher profit on their energy transmission services, according to the normativity from the “Energy and Gas Regulatory Commission of the Mines and Energy Ministry” (CREG), the CREG 011 resolution of 2009.

The project consists of an analysis to determine the best alternative asset replacement or modernization of UC, based on the calculation of economic age.

To make the right decision, norm PAS 55, of the British Standard, recommends the use of the Life Cycle Costing (LCC) model, which determines which is the optimum time, economically speaking, to replace the electric asset structural unit (UC) after analyzing the life cycle cost: capital cost(CAPEX), operational cost (OPEX) and discarding cost.

After building the cash flow to 30 years 3 alternatives are analyzed; first is keeping UC asset running, second is replace the UC asset in the middle of its lifetime , and third is to upgrade the asset. The conclusion based on the project’s evaluation is that all 3 alternatives are acceptable, however the CAUE indicator determines that the best alternative is the keep the UC asset running, as the economical age of the UC asset is at least 25 years.

Key words: life cycle costing, equivalent annual cost, operational expenditures, capital expenditures, asset.

INTRODUCCIÓN

Las organizaciones que tienen bajo su responsabilidad la gestión de activos deben tomar decisiones sobre renovarlos o mantenerlos en condiciones óptimas para asegurar la continuidad del negocio. Deben desarrollar una estrategia para su manejo que les permita tomar decisiones adecuadas, para lo cual es necesario realizar el cálculo de los costos de los activos a lo largo de su vida útil, considerando las fases de especificación, diseño, fabricación, instalación, operación, mantenimiento y disposición final.

Este trabajo tiene como objetivo realizar el costo del ciclo de vida útil de un activo en operación del sistema eléctrico de transmisión nacional, llamado Unidad Constructiva en adelante: UC), el cual se encuentra a mitad de su vida útil. Los resultados del estudio permitirán definir cuál es la edad económica de reemplazo del activo.

Para desarrollar el trabajo se construirá un flujo de caja en *Excel* utilizando los datos de entrada suministrados por la empresa TN y las regulaciones de la CREG relacionadas con el tema. Se simularán tres escenarios: escenario 1: mantener el activo en las condiciones operativas actuales; escenario 2: cambiar el equipo por una Unidad Constructiva de similares características, y escenario 3: modernizar la Unidad Constructiva para solucionar el problema de obsolescencia técnica. Además de analizar dichos escenarios, se calcularán los indicadores financieros para validar la viabilidad del proyecto y se calculará el indicador financiero CAUE, criterio utilizado para definir la edad económica del activo.

Como modelo para realizar los cálculos y el análisis se utilizará el LCC (*Life Cycle Cost*), o costeo del ciclo de vida del activo, basado en la norma IEC 60-300 del *International Electrotechnical Commission*, la cual propone una metodología general que incluye el impacto de los riesgos en los costos (IEC, 2004, p. 15). También se van a incluir en este modelo las resoluciones vigentes de la CREG, debido a que los ingresos del activo UC, los costos AOM y las compensaciones son reguladas por dicho ente estatal (CREG 011, 2009).

Los resultados que entregue el flujo de caja serán analizados con los criterios expuestos y se escogerá la alternativa adecuada para la empresa TN.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, entidad adscrita al Ministerio de Minas y Energía de Colombia, ha expedido nuevas normas de regulación para garantizar la calidad de la energía eléctrica, mediante la exigencia de mayores disponibilidades o tiempo de servicio para los activos del Sistema de Transmisión Nacional (STN). Una de estas normas es la resolución CREG 011 de 2009, la cual fija nuevas metas máximas de indisponibilidad para los activos del STN. El incumplimiento de esta normatividad genera compensaciones (penalizaciones) que se restan de los ingresos, lo que implica disminuciones en las ganancias de las empresas de transporte de energía (TN).

Con este panorama, las TN se obligan a revisar la condición óptima de operación de sus activos para alcanzar los estándares de calidad de energía exigidos por la ley; además, deben evaluar la necesidad de renovar o actualizar sus equipos con base en un costeo del ciclo de vida de los activos y tener la herramienta financiera adecuada para la toma de las decisiones que permitan el logro de las metas de crecimiento a largo plazo.

Este estudio pretende responder a esa necesidad y es, por lo tanto, aplicable a una empresa del sector eléctrico (TN) en la que los activos y su gerenciamiento son parte importante del negocio. Además, por tratarse de ingresos regulados por la CREG, se busca optimizar los costos de administración, operación y mantenimiento, con el fin de aumentar el margen de ganancias del negocio de transmisión.

Se utilizará una metodología para realizar costeos apropiados que incluya el ciclo de vida de los activos, desde la fase de selección, diseño, construcción, instalación, operación y mantenimiento hasta la disposición final (IEC, 2004). Con base en los resultados del modelo de costo del ciclo de vida (LCC: *Life Cycle Cost*), y una vez construido el flujo de caja del proyecto, se realizará una comparación entre la adquisición de una nueva unidad constructiva (UC) o la renovación de la existente (a mitad de ciclo de vida).

Se responderán las preguntas: ¿cuál es la edad económica óptima de la unidad constructiva en uso? y ¿cuál será la mejora alternativa de reemplazo para la empresa TN?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la factibilidad del reemplazo o modernización del activo UC de la empresa TN, para cumplir con la regulación vigente.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elegir la mejor alternativa entre mantener, adquirir o renovar la unidad constructiva (UC), de acuerdo con el indicador financiero CAUE (costo anual uniforme equivalente).

Realizar el costeo de un activo del sistema eléctrico nacional, UC, a lo largo de su ciclo de vida, con el fin de contribuir a la toma de decisiones de inversión.

3. ASPECTOS CONCEPTUALES DE LA GESTIÓN DE ACTIVOS

Cada vez son más las empresas internacionales, líderes en el sector eléctrico que, para responder a las normatividades locales en calidad de energía, han implementado el modelo LCC (*Life Cycle Costing*) como estrategia para la renovación de activos. (CIGRÉ. Working Group B5.08, 2011).

Al revisar los antecedentes del costeo de ciclo de vida de los activos, se encuentra que este es parte de algunos estándares internacionales, tales como la norma PAS55 (IAM, 2008). Esta norma fue establecida en el año 2004 por el Instituto del Gerenciamiento de Activos del Reino Unido en conjunto con el Instituto Británico de Estándares, y es considerada como la primera especificación internacional para el manejo óptimo de activos físicos.

La norma PAS 55 se aplica a organizaciones que tengan una alta dependencia en infraestructura o equipos físicos. Esta metodología asegura que la planificación total del ciclo de vida, la gestión del riesgo y la sustentabilidad del negocio se implementen en los proyectos de inversiones, operaciones y mantenimiento de activos.

Para desarrollar este trabajo también se han tomado como referencia otros estándares internacionales, tales como las normas de la IEC (*International Electrotechnical Commission*) y publicaciones de la CIGRÉ (*International Council on Large Electric Systems*), además de la normatividad colombiana consignada en las resoluciones vigentes de la CREG.

Entre dichas normatividades se destacan las siguientes:

La norma IEC60-300. Explica el valor del costo del ciclo de vida de un activo. Su objetivo principal es proporcionar criterios para la toma de decisiones en cualquier fase del ciclo de vida del activo (IEC, 2004).

El comité de la CIGRÉ, con sede en Francia, publicó en febrero de 2011 el trabajo “*Working Group B5.08 -Refurbishment Strategies based on Life Cycle Cost and Technical Constraints*”, que presenta una estrategia de renovación basada en el modelo financiero LCC, que considera todos los costos del ciclo de vida del activo, los costos de los riesgos aceptables y los beneficios de suponer estos riesgos en el flujo de caja, si se considera una vida útil de los activos entre 20 y 40 años. (CIGRÉ, 2011)

LCC es el costo total de la propiedad de un producto sobre su vida útil, es decir: “... es la suma de todos los costos directos e indirectos, recurrentes, no recurrentes, investigación, desarrollo, inversión, operación, mantenimiento, retiro y otros, que soporta un producto durante su vida útil” (John Farr, 2008, p.2); traducción libre de los autores.

En los próximos apartes se explicarán los componentes del LCC de acuerdo con la norma IEC63000.

3.1 CICLO DE VIDA DE LOS ACTIVOS

La norma IEC_60300-3 define el ciclo de vida de los activos como “...el intervalo de tiempo entre la concepción del producto y su eliminación” (IEC, 2004) y considera seis etapas en el ciclo de vida de un producto o activo:

1. Concepción.
2. Diseño y desarrollo.
3. Fabricación.
4. Instalación.
5. Operación y mantenimiento.
6. Eliminación.

El cálculo de costo del ciclo de vida de un activo se realiza mediante un proceso de análisis económico que permite determinar los costos totales de adquisición, propiedad y eliminación de un producto.

De acuerdo con esta norma, los costos financieros durante el ciclo de vida de los activos se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Costos de adquisición o CAPEX (*Capital Expenditures*).

Los gastos de capital incluyen todos los gastos durante el año, tanto para estructuras y equipos nuevos y usados con cargo a las cuentas de activos para los que la depreciación o amortización se mantienen normalmente. (Annual Captial Expenditures Survey, s. f.); traducción libre de los autores.

2. Costos de propiedad u OPEX (*Operational Expenditures*). “El OPEX tiene en cuenta todos aquellos costos que afectan la operación de un activo. Se entienden como aquellas erogaciones en las que una compañía tiene que incurrir para sacar beneficio de los activos” (The Free Dictionary of Farlex, s. f.); traducción libre de los autores.

3. Etapa de eliminación. Se presenta cuando una compañía considera que el beneficio prestado por un activo ya no es importante y se toma la decisión de eliminar, vender o destruir el activo. En algunos casos, las normas sobre el manejo de activos consideran, dentro del proceso de eliminación, procedimientos muy costosos. Por esta razón, estos costos deben ser evaluados desde el momento de compra del activo, ya que pueden comprometer la viabilidad y los posibles beneficios que pudo generar el activo durante su tiempo de operación.

En la tabla 1 se resume el alcance de las tres fases del ciclo de vida.

Tabla 1. Resumen de las fases del ciclo de vida.

FASE	ALCANCE
Planeación, inversión, diseño y ejecución del proyecto	Plan de inversiones, cumplimiento legal y regulatorio, estudios de expansión, proyectos (ingeniería, diseño, adquisición y ejecución)
Operación, mantenimiento, renovación (<i>refurbishment</i>)	Operación, mantenimiento preventivo y correctivo, renovación, manejo de inventarios, seguimiento a proveedores, salud ocupacional, gestión ambiental
Reemplazo y disposición final	Deberá cumplir con la legislación vigente

Fuente: IEC (2004).

3.2 RENOVACION Y ADQUISICIÓN DE ACTIVOS

De acuerdo con la experiencia de la empresa TN, los activos se deben renovar teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Si los equipos cumplieron con su vida original o ciclo de vida extendido (cuando previamente fueron renovados).
2. Cuando ha sido evaluada la relación costo/beneficio y resulta mejor reemplazarlo que asumir un riesgo por indisponibilidad del activo.
3. Cuando los equipos no tienen soporte del proveedor y no se cuenta con la tecnología o repuestos para repararlos.
4. Cuando las nuevas tecnologías representen un beneficio que justifica el cambio, aunque se cuente aún con vida útil remanente.
5. Cuando hay equipos que representen un riesgo inminente para las personas, la sociedad o el medio ambiente.
6. Cuando el diseño de los equipos no cumple con la disponibilidad exigida por la regulación.
7. Cuando hay equipos con un alto índice de fallas que ocasionan pagos de compensaciones (penalidades).
8. Cuando los costos de mantenimiento se incrementan con el tiempo de uso, ocasionando disminución en los ingresos e, incluso, pérdidas.

3.3 MODELO LCC (*LIFE CYCLE COSTING*)

La norma IEC 60300 (IEC, 2004, p. 30) recomienda hacer un costeo detallado de las diferentes variables que afectan el activo durante el ciclo de vida, mediante el empleo de tres métodos:

1. Costo de ingeniería: Esta es una metodología en la cual, a partir del estudio de métodos y tiempos, se pueden determinar los costos asociados a cada una de las actividades del sistema.
2. Analogía: se trata de una estimación, mediante el uso de resultados históricos de productos similares o componentes.
3. Paramétrico: basado en relaciones matemáticas entre costos y algunos parámetros relacionados de productos y procesos.

Los diferentes costos en los que se incurre durante el proceso de instalación, operación y eliminación del equipo hacen parte del costo total que va a permitir calcular los indicadores financieros para dictaminar la vida económica del activo.

Ventajas del modelo LCC

El modelo LCC es reconocido por varias normatividades internacionales; algunas de sus ventajas son las siguientes:

1. Exige un estudio detallado de cada una de las erogaciones que afectan los costos durante las diferentes etapas del ciclo de vida.
2. Define estructuras que permiten un análisis mejor y más detallado.

3. Tiene en cuenta diferentes indicadores financieros que arrojan resultados sobre la viabilidad de la inversión con costos proyectados, y su vida económica.
4. La proyección que recomienda el modelo ayuda a las compañías a eliminar costos antes de incurrir en ellos y a manejar algunos riesgos cruciales relacionados con los costos, flujo de caja y rentabilidad (Emblemsvag, 2003, p. 172).

3.4 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LOS COSTOS DEL ACTIVO DURANTE EL CICLO DE VIDA

La norma IEC 60300 (IEC, 2004, p. 29) indica que para realizar el modelo de cálculo de costos se debe:

1. Realizar un desglose de los costos y determinar su estructura.
 - a) Seleccionar las categorías de los diferentes costos.
 - b) Seleccionar los elementos de costos.
2. Estimación de costos.
3. Análisis de sensibilidad.
4. Análisis de riesgos.
5. Presentación de los resultados.

Por otro lado, la norma también recomienda los siguientes pasos para las diferentes etapas del ciclo de vida del activo:

1. Recolección de datos: se refiere a la selección del activo y los datos de entrada. Debe hacerse con base en la información real recopilada por la compañía, de acuerdo con el desglose de costos. Sin embargo, en aquellos casos en los que no se cuenta con la información, la empresa debe acudir a analogías con procesos similares, o a proyecciones basadas en opiniones de expertos.
2. Concepción y definición: incluye los costos para investigación de mercado, costos por definición de especificaciones y preparación de información técnica.
3. Diseño y desarrollo: incluye los costos para la administración del proyecto, diseño, ingeniería, documentación, desarrollo de software, pruebas y evaluación, manejo de calidad y otros.
4. Fabricación e instalación: se incluyen los equipos de prueba, repuestos, documentación, software y construcción de instalaciones.
5. Operación y mantenimiento: se incluyen los costos asociados con la operación, como entrenamiento, herramientas y repuestos iniciales; además, los consumibles, costos de laboratorios y energía. También se pueden incluir los costos asociados con el mantenimiento preventivo y correctivo y los costos indirectos.
6. Disposición final: incluye los costos por apagar el equipo y desmontarlo, además de los costos asociados a la disposición final, de acuerdo con la legislación ambiental vigente. En algunos casos el equipo eléctrico debe ser reciclado, lo cual se incluye en estos costos.

7. Análisis del ciclo de vida: debe tener en cuenta las diferentes alternativas de mantener, de reemplazar o de mejorar que tiene el activo.

a) Análisis del ciclo de vida del activo existente: se estipula que flujo de caja para el activo en estudio se debe construir considerando las tres fases del ciclo de vida:

La primera fase, de planeación y construcción, tiene una duración de tres años y en esta se desarrolla el CAPEX.

La segunda fase, llamada de operación y mantenimiento, considera los costos y gastos asociados a la operación del activo según la normatividad y la regulación colombianas. En este caso, el incumplimiento de la regulación ocasiona pagos por indisponibilidad que afectan la utilidad bruta. Es necesario considerar que para las unidades constructivas hay cambios de tecnología cada 15 años; por lo tanto, se presenta obsolescencia tecnológica, que impacta de manera directa la disponibilidad de la unidad constructiva, por la falla de equipos y la limitada disponibilidad de repuestos.

La tercera fase del ciclo de vida es el reemplazo y disposición final del activo. La regulación colombiana considera el activo a perpetuidad, lo cual significa que la unidad constructiva será reemplazada al final de su vida útil (30 años). Para este trabajo se consideró que los costos asociados a la disposición final del activo no impactan el flujo de caja, debido a que en Colombia existen empresas con las que la compañía negocia la disposición final, con todos los costos que se incurren en

ella, a cambio de que estas se usufructúen de la recuperación de los activos que tiene la UC.

b) Análisis del ciclo de vida, en el que se ha de considerar la renovación tecnológica del activo. Con la renovación se espera cumplir con el 99.83% de disponibilidad que exige la CREG y, por consiguiente, se disminuyen los pagos por compensación; sin embargo, expertos de la compañía consideran que a mediano plazo es imposible garantizar estos niveles de disponibilidad.

c) Análisis del ciclo de vida, en el que debe considerar el reemplazo del activo antes de llegar al fin de su vida útil. Este reemplazo le permite a la compañía realizar proyecciones de disponibilidad, de acuerdo con la regulación, teniendo en cuenta que, en caso de fallos, es responsabilidad del fabricante asumir los costos por compensación.

8. Evaluación de los riesgos en los costos del ciclo de vida del activo. Las variables que afectan los resultados esperados en rentabilidad por la operación del activo son susceptibles de análisis con herramientas estadísticas, con el fin de lograr que su proyección sea mucho más ajustada a la realidad.

3.5 EDAD ECONÓMICA DE SUSTITUCIÓN DE ACTIVOS

El modelo del ciclo de vida de los activos (LCC) considera todos los costos resumidos en el CAPEX, el OPEX y los costos de eliminación del activo cuando llegue al fin de su vida útil, tal como se indica en la figura 1.

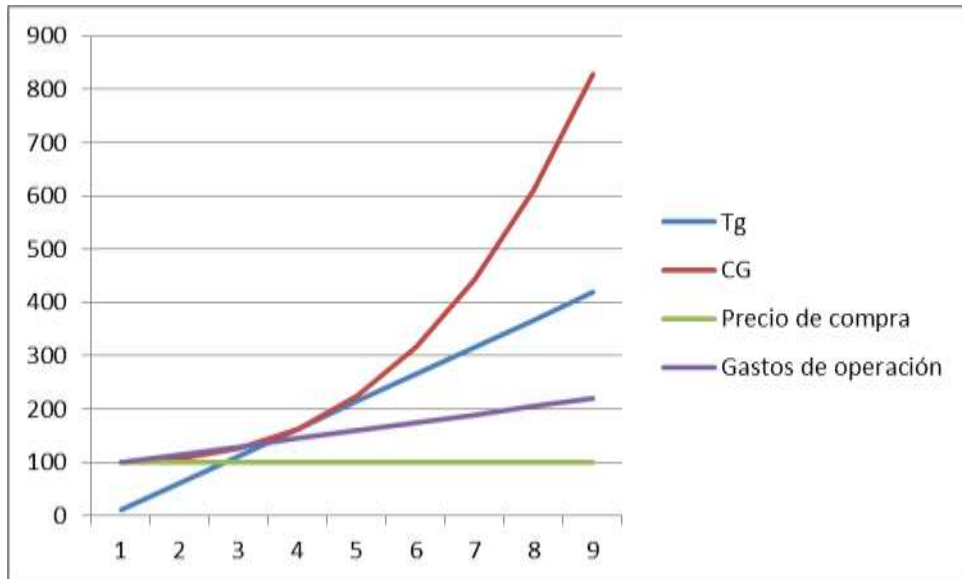
Figura 1. Costos del ciclo de vida de los activos.

COSTOS DEL CICLO DE VIDA			
CAPITAL	OPERACIÓN	MANTENIMIENTO	DESCARTE
Proyecto, compra de material, instalaciones, construcción, estudios tratamiento, capacitación, pruebas, documentación	Mano de obra, energía, vapor, agua, insumos, materiales	Mano de obra, materiales de consumo, reposición, tercerización, oficinas, horas extras	Desmante, desguace, disposición final
CAPEX	OPEX		

Fuente: elaboración de los autores.

Estos costos tienen un comportamiento esperado en el tiempo; por lo general tienden al alza, debido a la obsolescencia tecnológica, que puede ocasionar la presentación de posibles fallas, tal como se observa en la figura 2, que representa el costo global de un activo durante su ciclo de vida.

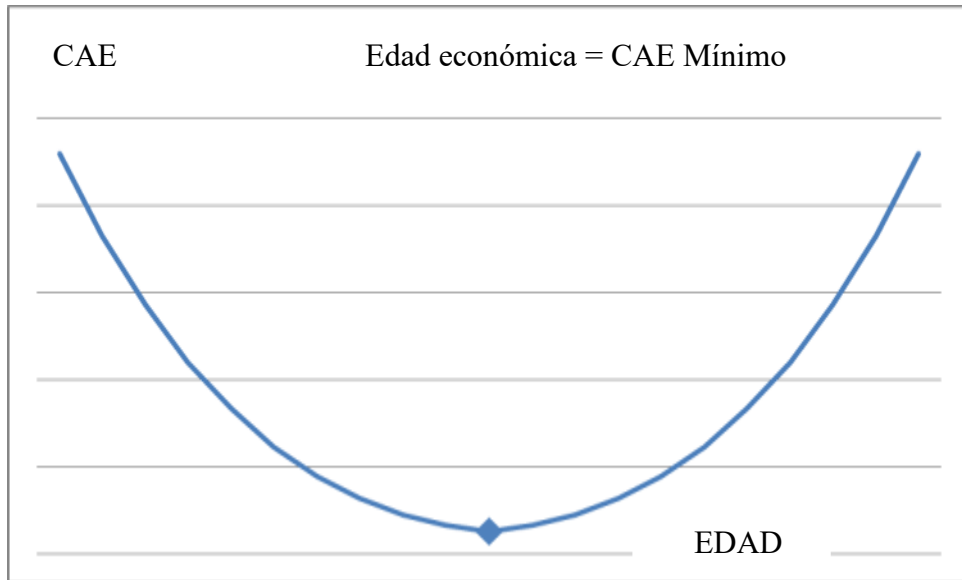
Figura 2. Costo global de un activo.



Fuente: elaboración de los autores.

La figura 3 muestra la edad económica o momento óptimo para sustituir un activo, que corresponde al punto de máxima rentabilidad, es decir, cuando se tiene el mayor volumen de capital retornado de la posesión del bien. Después de este punto, los costos de operación y mantenimiento crecen de modo sustancial, de forma que el activo deja de ser rentable.

Figura 4. Transición del costo general para el costo anual equivalente (CAE).



Fuente: elaboración de los autores.

La figura 4 muestra la relación entre el costo general (CG) y el costo anual equivalente (CAE). La edad óptima de sustitución del activo corresponde con el punto mínimo de la curva de CAE.

Cuando la curva CAE no es en forma de “V”, no tiene un punto mínimo; entonces se dice que no hay edad económica de sustitución, pues los costos medios de operación y manutención no son suficientes para superar la media anual del costo de adquisición.

3.6 APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE EVALUACIÓN FINANCIERA

Para la evaluación financiera se aplicará el criterio de la vida económica del activo usando el CAUE, que permitirá determinar si el activo se mantiene (“defensor”) o se reemplaza por uno nuevo (“retador”). El valor del CAUE se calculará para cada año en el flujo de caja, según el acumulado de costos. Los resultados se deben comparar para tomar la decisión de gestión del activo.

Para determinar la viabilidad económica en la inversión, se evaluará financieramente cada una de las alternativas con los indicadores TIR (tasa interna de retorno) y TIO (tasa interna de oportunidad).

3.7 RESULTADOS ESPERADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO LCC

1. Encontrar la edad óptima económica de sustitución del activo.
2. Tomar la decisión desde el punto de vista financiero de mantener, renovar el activo para extender su vida útil o reemplazarlo.
3. Evaluar los riesgos y ver su impacto en los costos del flujo de caja para tomar la decisión adecuada.

4. APLICACIÓN DEL MODELO A UN ACTIVO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La empresa TN se enfrenta a nuevas regulaciones que la obligan a replantear sus inversiones actuales y a realizar un estudio para tomar decisiones acertadas sobre sus activos, ya sea que necesite hacer mejoras en los equipos o, incluso, cambiarlos por completo. Este trabajo está centrado en el análisis económico de uno de los activos más representativos de la empresa, el cual es de gran importancia para la operación segura del sistema de transmisión nacional.

4.1 SELECCIÓN DEL ACTIVO

El estudio de tipo LCC se aplicará al activo del sistema eléctrico nacional llamado compensación estática, de 500kV, o SVC, por su sigla en inglés, que proviene de la expresión *Static VAR Compensator*. Este activo representa grandes ingresos para la compañía TN; sin embargo, sus horas de indisponibilidad actuales (50 horas aproximadamente) superan las exigidas por la nueva regulación CREG 011 (CREG, 2009, p.35).

El activo se encuentra en la actualidad a mitad de su vida útil, según la experiencia de la compañía, y juega un papel muy importante en la transmisión eléctrica de la zona norte de Colombia.

4.2 ESTRUCTURA DE COSTOS

La estructura de costos de la evaluación financiera está conformada en lo primordial por:

1. Ingresos: los ingresos se calculan con base en las normas de la CREG (1999, 2009), considerando que los criterios de la regulación primera se aplican hasta el año 2011, mientras que desde este año en adelante se aplica la segunda. Los componentes de los ingresos son los siguientes:
 - a) Anualidad: comprende el reconocimiento de la inversión que se realizó en el terreno y el edificio y el valor neto realizable.
 - b) Actividad no eléctrica: se refiere a los pagos acordados por el gobierno por todas aquellas actividades que no se refieren a la actividad eléctrica. El reconocimiento se hace con base en el valor de la actividad, según las referidas normas de la CREG debe ser del 5% de este valor.
 - c) AOM: se refiere al reconocimiento que realiza la regulación por la administración, la operación y el mantenimiento. Según la CREG 004 (CREG, 1999, p.11), este valor debe ser del 2.5% del valor neto realizable, mientras que para la CREG 106 (CREG, 2010, p.3) debe ser del 3.14% para el primer año y del 3.09% para los otros años.
 - d) Terrenos: la regulación determina que el pago para el cálculo de los ingresos debe ser: según la CREG 004 (CREG, 1999), del 7.6% del valor de los terrenos y los edificios, mientras que la CREG 011 (CREG, 2009) solo reconoce el 5.69% del mismo valor.
2. Compensación: las empresas que excedan el número de horas máximas de indisponibilidad contempladas en las regulaciones CREG 061 (CREG, 2000, p.10) y

CREG 011 (CREG, 2009, p.35) deben pagar las compensaciones que se especifican en las mismas.

Para el pago de la compensación la norma define la siguiente fórmula CREG 011 (CREG, 2009, p.39):

$$\text{Valor de la compensación} = (\text{HIDA} - \text{MHAIA} - \text{THCm-1}) * \text{Ingreso mensual regulado} / \text{HM}$$

HIDA: es el número de horas de indisponibilidad acumulada del activo UC en un periodo de doce meses que termina en el mes m (horas).

- a) MHAIA: es el número máximo de horas de indisponibilidad que puede tener un activo. Según la CREG 061 (CREG, 2000, p.10), es de 48 horas por año, mientras que según la CREG 011 (CREG, 2009, p.35) es tan solo de 15 horas. A partir de este momento se castiga el ingreso con multas cobradas por la entidad del estado.
 - b) THCm-1: total de horas de indisponibilidad que excedan las MHAIA sobre las que ya se aplicó la compensación por el activo UC en un periodo de once meses que termina en el mes m-1.
 - c) HC: es el número de horas que exceden el MHAIA.
 - d) HM: es el número de horas mes en las que se espera tener disponibilidad eléctrica.
3. Costos de mantenimiento: son los costos en que incurre la compañía para reparar y prevenir las fallas que presente el equipo durante su ciclo de vida. Los costos futuros se proyectan con base en analogías con proyectos similares.

4. Gastos administrativos: son gastos para la administración de las diferentes actividades del activo. Se prevé que estos gastos serán los mismos que hoy tiene el activo, proyectados según el indicador financiero IPP (índice de precios al productor).
5. Costos operacionales: corresponden a los costos para la operación de la central de compensación estática. Se considera que sus costos deben mantenerse iguales en cualquiera de los escenarios que se van a analizar; por tanto, solo se proyectan con el indicador financiero IPP.
6. Gastos financieros: son los pagos del primer crédito, debido al apalancamiento necesario para la compra e instalación del activo de compensación estática. El interés para este crédito es del 6.17% EA (efectivo anual), según los intereses que pudo alcanzar la empresa de transmisión nacional en el año en que se hizo el crédito (1999). Para futuros préstamos, en caso tal de que se cambie el activo, se espera que tengan las mismas condiciones, pero con una tasa del 4.3% EA.

4.3 CRITERIOS DE APLICACIÓN DEL MODELO LCC

Los criterios que se consideraron para la aplicación del modelo LCC son:

1. Edad económica del activo UC, basado en el cálculo del costo anual equivalente, (CAUE) mínimo. Este indicador pretende llevar todos los costos de cada uno de los años del ciclo de vida de los activos a valor presente, para encontrar la anualidad de pagos si el activo se mantuviera por 1, 2, 3 o 30 años. Se define entonces como la vida económica aquel año cuya anualidad sea la inferior.

2. Se evaluará el riesgo de disminución de la utilidad bruta por pagos de compensación, mediante la distribución de probabilidades normal. Para modelar estadísticamente la indisponibilidad se utilizó la herramienta informática @RISK, la cual, como se muestra en el desarrollo, determinó que la mejor alternativa para proyectar las horas de indisponibilidad se logra mediante el empleo de la función de distribución normal.
3. Para verificar la viabilidad de cada uno de los escenarios, en comparación con la retribución financiera esperada por la inversión, se realiza una valoración de la TIR (tasa interna de retorno).

4.4 DESARROLLO DEL MODELO

El modelo se desarrolló en *Excel*, en un libro de trabajo llamado “Flujo de caja UC”, el cual se anexa a este trabajo (ver anexo). El archivo consta de las siguientes hojas:

1. CAPEX UC (original): contiene todas las inversiones iniciales para el activo UC en el año 1999.
2. TRM (tasa representativa del mercado): contiene la proyección del indicador financiero TRM según la metodología definida por la empresa TN.
3. IPP (índice de precios al productor): contiene la proyección del indicador financiero IPP según la metodología definida por la empresa TN.
4. VRN (valor de reposición a nuevo): muestra el cálculo del VRN de acuerdo con la CREG 011 (CREG, 2009, p.30) y la CREG 026 (CREG, 1999, p.8).

5. ACTUALMENTE: muestra la proyección de los costos, de acuerdo con el desglose del activo UC con el que actualmente cuenta la compañía.
6. Financiación ACTUALMENTE: muestra la proyección de pagos para el préstamo adquirido por la compañía para la inversión en el activo UC.
7. Dep y Dif ACTUALMENTE: muestra la proyección de la depreciación para el activo UC.
8. REEMPLAZO: muestra la proyección de los costos de acuerdo con el desglose del activo UC que reemplazaría al activo existente.
9. Financiación REEMPLAZO: muestra la proyección de pagos para el préstamo necesario para la inversión en el activo UC que reemplazaría al activo existente.
10. Dep y Dif REEMPLAZO: muestra la proyección de la depreciación del activo UC que reemplazaría al activo existente.
11. REFURBISHMENT: muestra la proyección de los costos, de acuerdo con el desglose de la inversión con la que se renovaría el activo UC.
12. Financiación REFURBISHMENT: muestra la proyección por pagos para el préstamo adquirido por la compañía para la inversión en la renovación del activo UC.
13. Dep y Dif REFURBISHMENT: muestra la proyección de la depreciación para la renovación del activo UC.
14. F de CP: muestra el flujo de caja del proyecto y la proyección del costo anual equivalente.

15. Ingresos&Compensaciones: muestra los valores de ingresos y compensaciones proyectadas con la función de distribución normal.
16. CAPEX UC: muestra el CAPEX de la UC nueva.
17. Refurbishment SVC: muestra la inversión necesaria para modernizar la UC.
18. Resumen de escenario: muestra el análisis de los pagos de compensación en función de la variable indisponibilidad.
19. Abreviaturas: contiene las abreviaturas utilizadas en las diferentes hojas de trabajo.

4.4.1 Datos de entrada

Los datos de entrada considerados para la construcción del flujo de caja provienen de las regulaciones CREG026 (CREG, 1999) y CREG011 (CREG, 2009); datos de la empresa TN y otros supuestos para efectos académicos.

1. Datos de entrada según la regulación CREG 011 (CREG, 2009, p.1), vigente:

La comisión de regulación de energía y gas (CREG) "...establece la metodología y formulas tarifarias para la remuneración de la actividad de transmisión de energía eléctrica en el sistema de transmisión nacional" CREG 011 (CREG, 2009, p.1). Estas fórmulas son la base para realizar los diferentes cálculos del trabajo.

2. Cálculo de gastos en el OPEX.

Para el cálculo de los gastos relacionados con la administración, la operación y el mantenimiento, se tendrán en cuenta las circulares de la CREG: la 022, del 06 de marzo del 2008, sobre "Remuneración de costos eficientes de AOM de empresas de transmisión y distribución eléctrica", y la circular 004, del 22 de enero del 2008, que

trata del “Desarrollo de las metodologías para la remuneración de costos eficientes de AOM de empresas de transmisión y distribución eléctrica”. Para la construcción del flujo de caja se aplicaron las formulas y metodologías indicada por las resoluciones de la CREG 004 (CREG, 1999, p.11) y CREG 011(CREG, 2009, p.16).

3. Calculo de beneficios activos.

Para el cálculo de beneficios, la CREG tiene como premisa que los activos deben cumplir con cierta disponibilidad y calidad de la energía. Si estos requisitos no se cumplen, la empresa que transporta la energía deberá pagar unas compensaciones. La CREG 011 (CREG, 2009, p.9) establece que la metodología de remuneración que se utilizará será la “de ingreso regulado”. De igual manera, para el cálculo de los ingresos de la UC y la construcción del flujo de caja se aplicaron las fórmulas y la metodología establecidas por las resoluciones de la CREG (1999, 2009).

4. Datos de entrada de la empresa TN.

El WACC (*Weighted Average Cost of Capital*), costo promedio ponderado de capital, se toma, por definición financiera, como 9%.

La inversión inicial incluye los rubros por concepto de bienes, servicios, predios, licencia ambiental, estudios y otros; estos valores se presentan en la hoja “CAPEX original”, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. CAPEX de la UC.

Información de inversión del proyecto DDP	
Compensador estático de 500kV	
SUBESTACIONES	61,065,814,675
Bienes	36,848,740,924
Equipos especiales	1,537,094,525
Transformadores	11,236,150,380
Reactores	6,893,343,419
Sistema de compensación	7,755,011,347
Interruptores	831,890,333
Seccionadores	509,719,147
Transformador de corriente	1,153,292,291
Transformador de tensión	888,220,495
Descargador de sobretensión	188,997,525
Sistemas de protección, control y medida	611,647,549
Aisladores y material de conexión	95,570,776
Sistemas de telecomunicaciones	344,667,171
Servicios auxiliares	942,386
Equipos de media tensión	2,585,003,782
Estructuras	1,493,546,223
Cables	723,643,575

Información de inversión del proyecto DDP	
Compensador estático de 500kV	
Servicios	7,860,904,695
Obra civil	5,069,278,240
Montaje	2,153,949,263
Pruebas y puesta en servicio	637,677,193
Administración e ingeniería	8,700,111,562
Gerencia del proyecto	2,068,454,076
Abastecimiento	66,722,570
Asesores legal, financiero y tributario	0
Diseño	1,704,902,098
Ingeniería en campo	517,000,756
Control de obra	1,796,029,727
Administración de gestión ambiental y social	73,920,958
Administración de gestión predial	10,701,387
Pólizas, seguros e impuestos indirectos	0
Costos financieros	0
Impuesto de Timbre, impuesto ICA	101,537,761
Imprevistos	2,360,842,229
Utilidad	0
Gestión ambiental y social	861,667,927

Información de inversión del proyecto DDP	
Compensador estático de 500kV	
Diagnóstico ambiental: alternativas	0
Estudio de impacto ambiental	344,667,171
Licenciamiento	517,000,756
Plan de manejo ambiental	0
Gestión social	0
Predios	258,500,378
Predios	258,500,378
Costos de terceros	1,378,668,684
Costos de conexión	86,166,793
Estudios de terceros	430,833,964
Interventoría externa	861,667,927
Inventario	164,474,962
Inventario del proyecto	164,474,962
Imprevistos	4,992,745,542
Imprevistos	4,992,745,542

Nota: DDP: corresponde a la suma de los siguientes rubros, costo CIF, costo arancel, costo transporte nacional, costo seguro nacional, IVA y costo de bodegaje. Fuente: empresa TN.

Para analizar la alternativa de modernización de la UC, se tomaron los valores del sondeo de mercado realizado por la empresa TN. El alcance de la modernización fue definido por los expertos de la empresa TN considerando la actualización de aquellos equipos que por envejecimiento, obsolescencia tecnológica o fallas frecuentes presentan un defecto en su operación y ocasionan indisponibilidades del activo. Con la inversión de la modernización de la UC se espera que, además de extender su vida útil, la disponibilidad aumente, con lo que cumpliría con la regulación vigente y se evitarían los pagos por compensación (ver tabla 3).

Tabla 3. CAPEX de la modernización de la UC.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
BIENES			
EQUIPOS PRIMARIOS DEL PATIO 11kV			
Condensadores TSC	454	3,000	1,362,000
Condensadores de filtros	176	3,500	616,000
MOV de protección de banco de condensadores	12	25,000	300,000
Transformadores de corriente pasa muros	3	15,000	45,000
Interruptor de potencia para filtros	1	100,000	100,000
Adquisición de señales de patio	6	10,000	60,000
Caja de empalme fibras ópticas	6	5,000	30,000
Válvulas de tiristores para TSC	2	300,000	600,000
Válvulas de tiristores para TCR	2	250,000	500,000
MATERIAL PARA INSTALACIÓN			
Conjunto de aisladores	1	10,000	10,000
Barraje tubular y conectores	1	12,000	12,000
Cable de aluminio	1	10,000	10,000

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Cable de fuerza y control	1	15,000	15,000
Estructuras	1	10,000	10,000
Canaletas para protección de fibra óptica	1	4,000	4,000
EQUIPOS SECUNDARIOS			
Sistema de control y protección redundante con licencias de software	4	200,000	800,000
Controladores con comunicación 61850 doble puerto (2 switches) para integración con SCADA existente	1	100,000	100,000
Sistema de registro de fallas con licencias de software	2	25,000	50,000
Red de datos LAN- Ethernet y switches	2	40,000	80,000
Sistema GPS y sincronización	2	20,000	40,000
HMI local (caseta) y remoto (sala de control) con licencias de software	2	20,000	40,000
Computador portátil con respectivas licencias de software para mantenimiento	1	10,000	10,000
Interfaz con señales y comandos a equipos de patio 500kV y 11kV	1	50,000	50,000
Servicios auxiliares de AC (corriente alterna) y DC (corriente directa) de respaldo con UMD	1	100,000	100,000
Sistema de control de válvula de tiristores	2	300,000	600,000
Sistema de enfriamiento para válvulas de tiristores	2	250,000	500,000
SERVICIOS			
Obras civiles	1	20,000	20,000
Desmontaje de equipos primarios y disposición final	1	30,000	30,000
Montaje de equipos primario y secundario	1	50,000	50,000
Puesta en servicio del sistema de control y	1	200,000	200,000

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
protección			
Entrenamiento para operadores e ingenieros	1	48,000	48,000
Pruebas en fábrica de sistema de protección y control	1	80,000	80,000
Entrenamiento para ingenieros en fábrica	1	50,000	50,000
REPUESTOS			
Conjunto de repuestos para cumplir con la disponibilidad fijada por la CREG 011 (CREG, 2009, p.35) de 99.83%	10%	3,613,000	361,300
ADMINISTRACION DEL PROYECTO			
<i>Project Management</i>	7%	6,883,300	481,831
TOTAL en USD			7,365,131

Fuente: empresa TN.

Para analizar la alternativa de reemplazo de la UC, también se tomaron los valores del sondeo de mercado realizado por la empresa. Esta alternativa considera el reemplazo completo del activo por uno de última generación y con alta disponibilidad, el cual cumple la regulación vigente (ver tabla 4).

Tabla 4. CAPEX para el reemplazo de la UC.

Información de la inversión del proyecto DDP	
Compensador estático 500kV	
SUBESTACIONES	34,200,000,000
Bienes	21,382,216,833
Equipos especiales	891,929,754
Transformadores	6,520,000,352
Reactores	4,000,000,000

Información de la inversión del proyecto DDP	
Compensador estático 500kV	
Sistema de compensación	4,500,000,000
Interruptores	482,720,957
Seccionadores	295,774,701
Transformador de corriente	669,220,853
Transformador de tensión	515,407,657
Descargador de sobretensión	109,669,583
Sistemas de protección, control y medida	354,920,689
Aisladores y material de conexión	55,456,849
Sistemas de telecomunicaciones	200,000,000
Servicios auxiliares	546,838
Equipos de media tensión	1,500,000,000
Estructuras	866,659,983
Cables	419,908,617
Servicios	3,326,789,865
Obra civil	1,706,892,938
Montaje	1,249,872,018
Pruebas y puesta en servicio	370,024,909
Administración e ingeniería	5,048,413,249
Gerencia del proyecto	1,200,261,731
Abastecimiento	38,717,102
Asesores legal, financiero y tributario	0
Diseño	989,303,445
Ingeniería en campo	300,000,000
Control de obra	1,042,182,069
Administración de gestión ambiental y social	42,894,110

Información de la inversión del proyecto DDP	
Compensador estático 500kV	
Administración de gestión predial	6,209,693
Pólizas, seguros e impuestos indirectos	0
Costos financieros	0
Impuesto de Timbre, impuesto ICA	58,919,311
Imprevistos	1,369,925,788
Utilidad	0
Gestión ambiental y social	500,000,000
Diagnóstico ambiental: alternativas	0
Estudio de impacto ambiental	200,000,000
Licenciamiento	300,000,000
Plan de manejo ambiental	0
Gestión social	0
Predios	150,000,000
Predios	150,000,000
Costos de terceros	800,000,000
Costos de conexión	50,000,000
Estudios de terceros	250,000,000
Interventoría externa	500,000,000
Inventario	95,439,877
Inventario del proyecto	95,439,877
Imprevistos	2,897,140,176
Imprevistos	2,897,140,176

Nota: DDP: corresponde a la suma de los siguientes rubros, costo CIF, costo arancel, costo transporte nacional, costo seguro nacional, IVA y costo de bodegaje. Fuente: empresa TN.

Los indicadores macroeconómicos que sirvieron como datos de entrada del proyecto fueron:

TRM: está incluida en la hoja “TRM” del libro en *Excel*; la fuente es el Banco de la República. Luego del año 2012, los valores se consideran en pesos, debido a que la CREG 011 (CREG, 2009, p.30) propone los datos en pesos colombianos.

IPP: el índice de precios al productor fue basado en los datos oficiales con los que trabaja la empresa de transmisión nacional; su proyección se encuentra en la hoja del libro “IPP”.

Depreciación y amortización: según la IEC (2004, p.31), “... la depreciación es un criterio contable por motivo de impuestos que permite a las compañías obtener un beneficio de los desembolsos de capital en activo, para reconocer su desgaste”. Existen diferentes métodos aprobados por la ley colombiana para reconocer esta depreciación; los más reconocidos, de acuerdo con las normas contables estipuladas en el decreto 2649 de 1993 (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 1993; artículo 64) son:

1. Método de línea recta.
2. Método de unidades producidas.
3. Método de suma de los dígitos.

Dicha norma indica también que el tiempo de vida del activo debe estar de acuerdo con el tiempo que, se espera, el activo genere beneficios para su dueño. Para el activo en estudio, la resolución CREG 011 (CREG, 2009, p.30) establece 30 años de vida útil. Al respecto conviene tener en cuenta lo establecido en el Artículo 2 del Decreto 3019 de 1989 acerca de la

vida útil de los activos fijos depreciables: “La vida útil de los activos fijos depreciables, adquiridos a partir de 1989 será la siguiente:

Inmuebles (incluidos los oleoductos)	20 años
Barcos, trenes, aviones, maquinaria, equipo y bienes muebles	10 años
Vehículos automotores y computadores	5 años.”

(Presidencia de la República, 1989)

4.4.2 Construcción del flujo de caja

El flujo de caja del proyecto consideró los ingresos según la regulación de la CREG en vigencia para cada año, así como los costos operacionales, los gastos administrativos, los impuestos y los gastos financieros.

La estructura para el flujo de caja es la siguiente:

Tabla 5. Plantilla del flujo de caja de la UC.

AÑO		
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO		
Ingresos	+	Ingreso total
	-	Descuentos por compensación
Operativo	-	Costos de operación
	-/+	Depreciación y amortización de diferidos operativos
	-	Gastos fijos
	=	UTILIDAD BRUTA
Administración	-	Gastos de administración
	=	UTILIDAD OPERATIVA
	+	Ingresos no operacionales
	-	Egresos no operacionales

AÑO			
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO			
	=	Utilidad antes de intereses e impuestos (UAI)	
Financiero		Intereses	
	-	Valor en libros de los activos vendidos	
	=	Utilidad antes de impuestos (UAI)	
Impositiva	-	Impuestos	
	=	Utilidad neta (UN)	
	+	Depreciación operativa	
	+	Amortización diferidos operativos	
	+	Depreciación en administración, distribución y ventas	
	+	Amortización en administración, distribución y ventas	
	+	Valor en libros de los activos vendidos	
	-/+	Variación del capital de trabajo	
	-	Inversión en activos fijos	
	+	Recuperación del capital de trabajo	
	=	Flujo de caja del proyecto	

Fuente: Gómez, E.A. Notas de clase del curso: Análisis de Riesgo. Universidad EAFIT, S.f.

En la elaboración del flujo de caja se tuvieron en cuenta las diferentes alternativas para evaluar el proyecto. Por medio del botón que se encuentra en la hoja “F de CP” del libro en *Excel* se puede ver el resultado que tiene el flujo para cada uno de los escenarios que se evalúan en el trabajo (ver figura 5):

Su estructura tiene en cuenta los ingresos y las inversiones en las que se incurrió para poner en operación el activo. Además, considera el OPEX del activo.

Para calcular los ingresos, las regulaciones de la CREG (CREG, 1999, 2011) consideran pagos por la inversión, la actividad no eléctrica, la administración, la operación y el mantenimiento más el reconocimiento por el usufructo de los terrenos.

Para encontrar los ingresos por el avalúo catastral se valoró el terreno de la siguiente manera:

Tabla 6. Avalúo catastral de la UC.

Avalúo catastral del año 2012	m²	\$/m² año 2012	Valor del avalúo en 2012
Área del patio SVC (m ²)	2520.7	10,935	27,563,855
Área del edificio de la sala de control SVC (m ²)	378	451,716	170,748,797
Avalúo total (patio más edificio)			198,312,652

Fuente: empresa TN.

Estos datos se toman de acuerdo con el avalúo catastral de los terrenos y el edificio realizado en el año 2012.

EL VRN (valor de reposición a nuevo) se calculó en la hoja “VRN” del libro “Flujo de caja” de la siguiente manera:

La norma CREG 026 (CREG, 1999) establece los costos *FOB (Freight on Board)* para las unidades constructivas, y para la unidad de compensación estática de 500 kV. En 1997 lo define en USD17,474,600, valor que se debe llevar a valor presente para cada uno de los años posteriores CREG026 (CREG, 1999, p. 8).

A este valor se le agregan los costos de instalación adicionales. La regulación indica que el factor de instalación es del 180%, lo que lleva a un valor total de USD31,454,280 para el año 1997. La TRM se muestra en el libro en la hoja “TRM”.

La CREG 011 (CREG, 2009, p.30) define para 2008 un valor de reposición a nuevo de \$104,109,690,000 para el activo de compensación estática reactiva de 500kV. Este valor incluye los costos adicionales por instalación y elimina el ruido producido por la tasa de cambio.

Con este VRN lo que se pretende es compensar a la empresa de transmisión nacional por las inversiones realizadas con la compra del activo. La compensación se hace con el pago de una anualidad, a una tasa del 9%, según la norma.

La actividad no eléctrica es reconocida por la CREG con pagos del 5% del VRN, a los cuales se suman los costos por administración, operación y mantenimiento; estos según la CREG 004 (CREG, 1999, p.11) se estiman en el 2.5% del VRN, mientras que la CREG 106 (CREG, 2010, p.3) los reconoce por valor del 3.14% del mismo indicador.

Costos: por experiencia, la empresa de transmisión nacional presupuesta este mismo valor en el AOM (Administración, operación y mantenimiento) teniendo en cuenta que:

1. Los costos por mantenimiento corresponden al 90% del AOM.
2. Los costos por operación corresponden al 3% del AOM.
3. Los gastos administrativos son del 7% del AOM.

Todos los valores del VRN y demás son llevados a valores presentes a través del indicador financiero IPP; su cálculo está disponible en la hoja “IPP” del archivo “flujo de caja” (ver anexo).

Pagos por compensación: los pagos por compensación se restan de los ingresos. Para predecir los valores por compensación en los años futuros fue necesario determinar la función de distribución probabilística que mejor modelara la indisponibilidad de la UC.

El modelamiento de la disponibilidad del activo en estudio (ver hoja “Ingresos&Compensaciones” del archivo “flujo de caja UC”), se realizó con base en una muestra de 128 datos referentes a los niveles de disponibilidad de energía eléctrica entre los años 2000 y 2012. El análisis de los datos arrojó los siguientes resultados:

1. Más del 60% de los datos se encuentran entre el 99.8% y el 99.5% de disponibilidad.
2. La media de los datos es del 99.624% de disponibilidad.

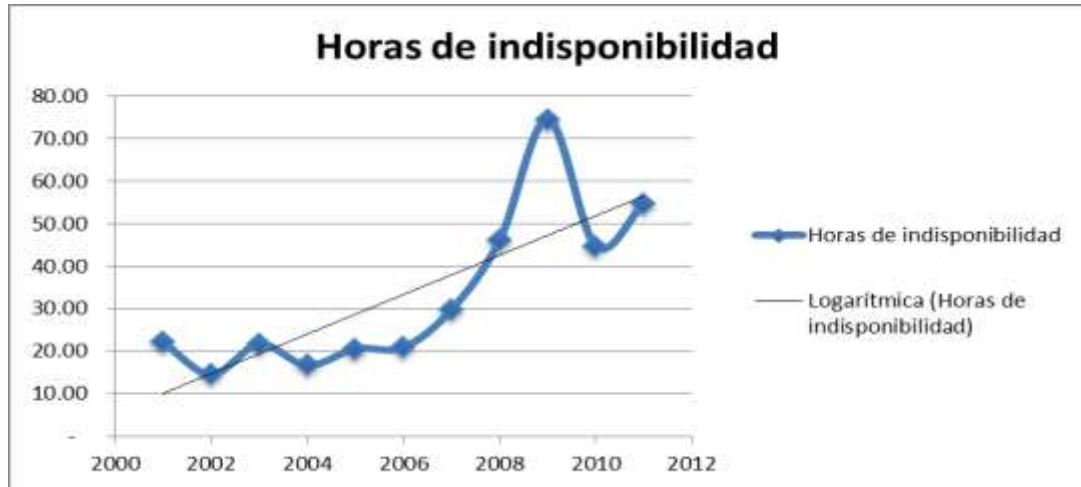
Figura 6. Distribución de datos de la variable disponibilidad



Fuente: elaboración propia, con el software @RISK.

Los datos encontrados, de acuerdo con la información anterior se resumen en la figura 7

Figura 7. Horas de indisponibilidad de la UC.



Fuente: elaboración de los autores, con el software @RISK.

Para determinar cuál función de probabilidad se ajustaba mejor a los datos, se utilizó la herramienta informática @risk, que ofrece una jerarquización del ajuste en la que se muestran los siguientes resultados:

Figura 8. Jerarquización del ajuste

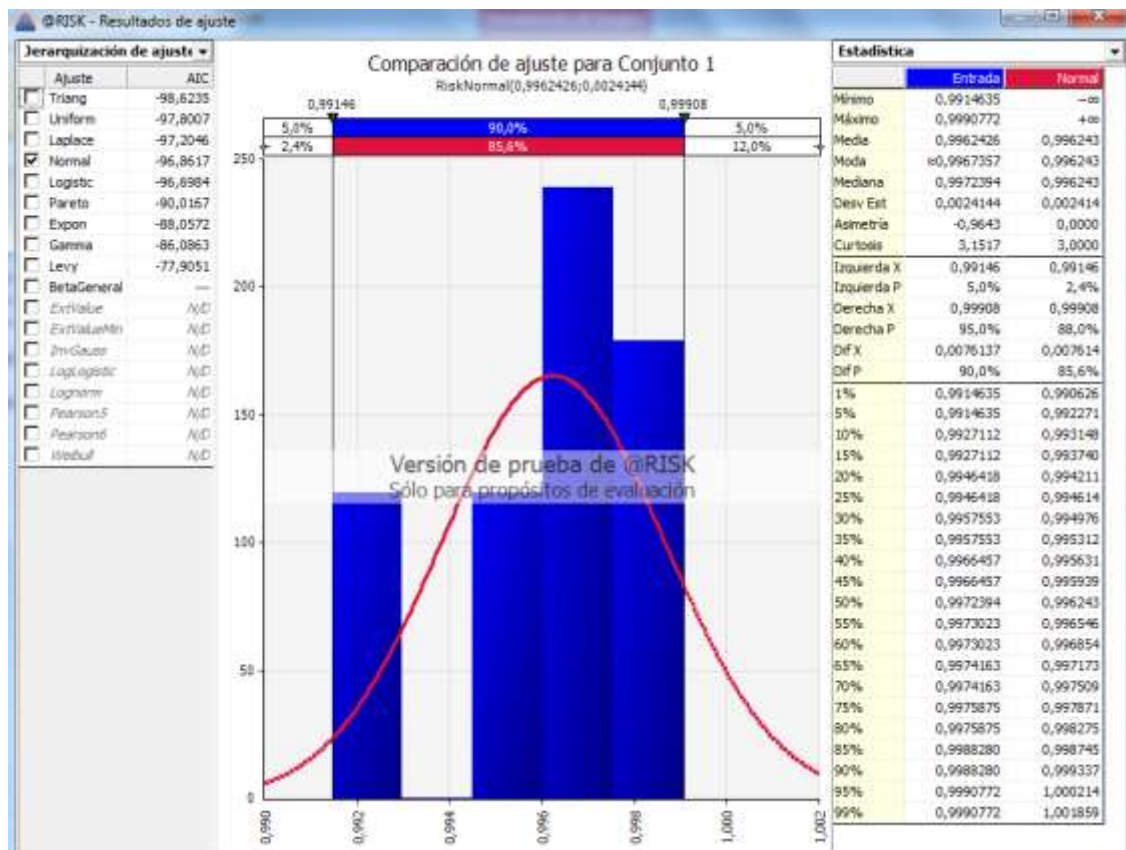
Jerarquización de ajuste	
Ajuste	AIC
<input type="checkbox"/> Triang	-98,6235
<input type="checkbox"/> Uniform	-97,8007
<input type="checkbox"/> Laplace	-97,2046
<input checked="" type="checkbox"/> Normal	-96,8617
<input type="checkbox"/> Logistic	-96,6984
<input type="checkbox"/> Pareto	-90,0167
<input type="checkbox"/> Expon	-88,0572
<input type="checkbox"/> Gamma	-86,0863
<input type="checkbox"/> Levy	-77,9051
<input type="checkbox"/> BetaGeneral	---

Nota: AIC (*Akaike information criterion*): se emplea como guía para decidir sobre la bondad de ajuste de datos a distribuciones de probabilidad. Fuente: elaboración de los autores, con el software @RISK.

Se encontró que había cuatro funciones probabilísticas que se ajustaban bien a los datos: la triangular, la uniforme, la de Laplace y la normal. Sin embargo, se escogió la función de distribución normal por ser la que mejor representa los datos, ya que no existen mínimos ni máximos en el tiempo y los datos tienen un comportamiento lineal. Por otro lado, no se seleccionó la distribución estadística de Laplace, aunque también se ajusta a los datos, porque por lo general se utiliza para muestras con colas alejadas de la media.

Los resultados obtenidos por la función de distribución normal se muestran en la figura 9.

Figura 9. Función de la distribución normal para la variable disponibilidad.



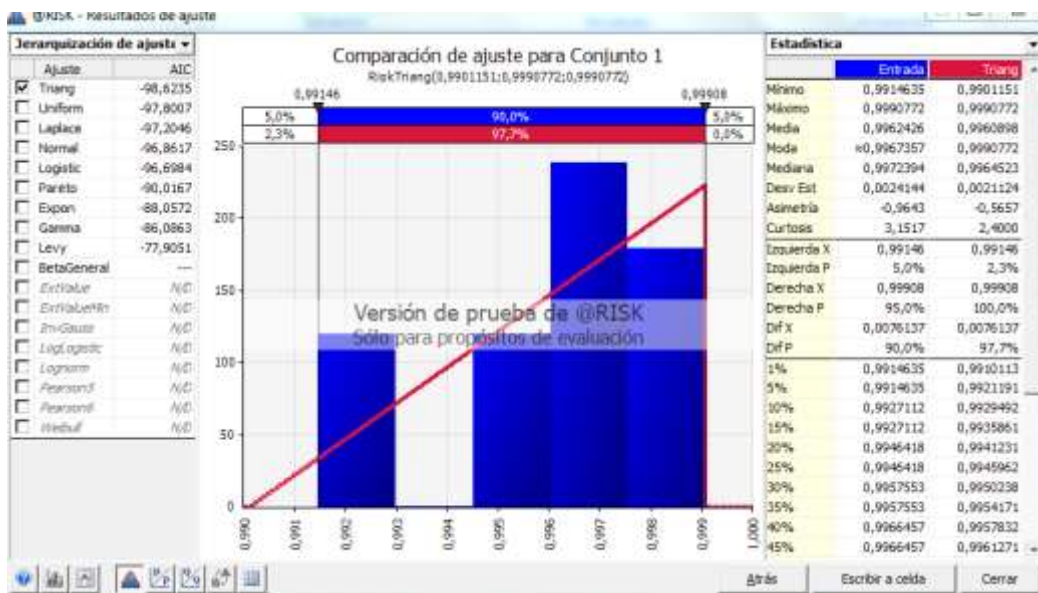
Fuente: elaboración de los autores, con el software @RISK.

Como se puede observar en la figura 9, los resultados de la función de distribución normal son:

1. Media: 99.62%
2. Desviación estándar: 0.2%

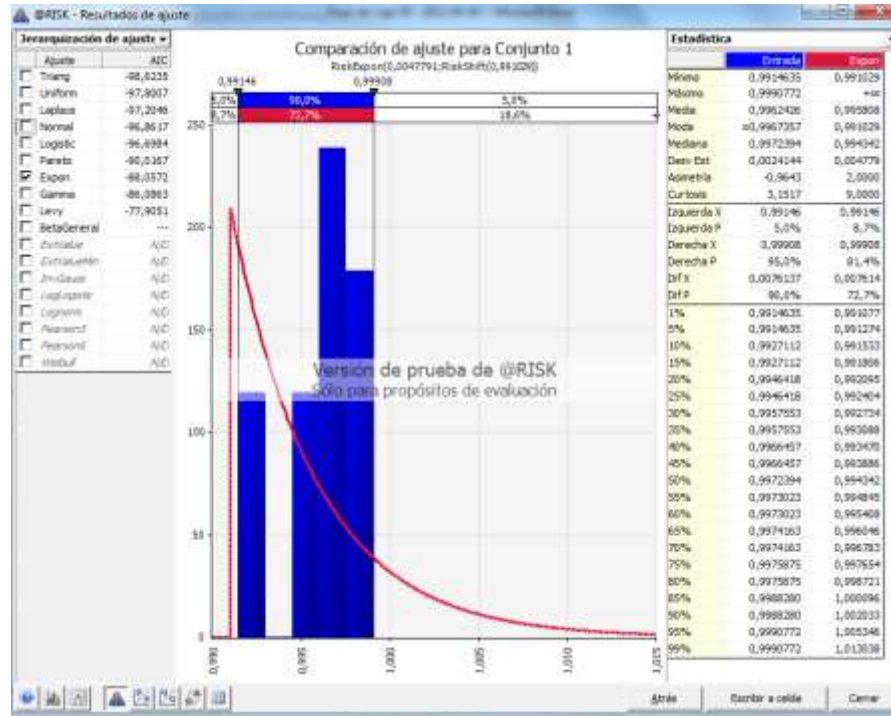
A manera de información se muestran las gráficas correspondientes a las funciones de distribución triangular y exponencial, en las figuras 10 y 11.

Figura 10. Función de distribución triangular.



Fuente: elaboración de los autores, con el software @RISK.

Figura 11. Función de distribución exponencial



Fuente: elaboración de los autores, con el software @RISK.

Para proyectar la disponibilidad, el panel de expertos de la empresa TN definió considerar una probabilidad de ocurrencia de indisponibilidad del activo del 20%, debido a que se estima que, año tras año, la disponibilidad del activo UC va disminuyendo.

Los gastos financieros para el activo en operación se calculan con base en una alternativa de financiamiento del tipo 70%/30% (70% de financiación y 30% de inversión inicial), que se muestra en la hoja “Financiamiento ACTUALMENTE”. La proyección se realizó con los siguientes datos:

Tabla 7. Modelo financiero de la UC.

Valor de inversión	58,938,086,236
Monto requerido para el proyecto	41,256,660,365
Tasa de interés (EA)	6.12%
Plazo	30
Períodos de gracia	0
Período del crédito	30
Estudio-Comisión-Apertura	1%
Forma de pago	Anual
Impuesto de renta	33%

Fuente: empresa TN.

Inversión: el valor de la inversión se calculó teniendo en cuenta las siguientes partidas en el CAPEX (Hoja “CAPEX UC (original)”. ver anexo)

1. Bienes: se refiere a todos los equipos esenciales para la operación del compensador estático de 500kV.
2. Servicios: se refiere a la obra civil, el montaje, la prueba y la puesta en marcha.
3. Administración e ingeniería: contempla todas las actividades de gerencia, diseño y abastecimiento que requirió el proyecto.
4. Gestión ambiental: incluye los costos por diagnóstico, gestión social, licenciamiento, etc.

5. Predio: en su momento se considera con la construcción de un edificio.
6. Inventario: es el dinero requerido para el inventario de los diferentes activos durante la obra.
7. Imprevistos: considera los gastos por imprevistos en la obra.

El flujo de caja para el escenario 1 se muestra en figura 12.

Figura 12. Flujo de caja para el escenario 1

AÑO	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	0	1	2	3	4	5	6	7
Ingresos		\$ 11,929,204,682	\$ 24,600,694,222	\$ 17,278,957,898	\$ 10,969,677,743	\$ 10,018,031,107	\$ 10,057,229,844	\$ 18,965,341,727
- Documentos por Compensación		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Operativo		\$ 2,160,411,565	\$ 2,554,592,894	\$ 3,044,291,064	\$ 3,692,901,485	\$ 4,526,018,031	\$ 5,181,077,060	\$ 3,411,181,438
-/A Depreciación y Amortización de diferentes Operativos		\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779
- Gastos Fijos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= UTILIDAD BRUTA	\$ -	\$ 8,710,208,265	\$ 20,515,515,549	\$ 12,804,001,213	\$ 15,036,091,690	\$ 15,060,629,297	\$ 13,845,969,097	\$ 14,521,376,489
Administración		\$ 262,213,774	\$ 282,281,261	\$ 228,147,776	\$ 277,060,215	\$ 265,400,412	\$ 229,426,808	\$ 256,705,881
= UTILIDAD OPERATIVA	\$ -	\$ 8,546,994,513	\$ 20,323,234,288	\$ 12,575,853,437	\$ 15,508,151,172	\$ 14,795,169,876	\$ 13,206,122,189	\$ 14,264,670,607
= Ingresos no operacionales		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Egresos no operacionales		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Utilidad antes de intereses e impuestos - UAI	\$ -	\$ 8,546,994,513	\$ 20,323,234,288	\$ 12,575,853,437	\$ 15,508,151,172	\$ 14,795,169,876	\$ 13,206,122,189	\$ 14,264,670,607
- Intereses		\$ 1,524,927,824	\$ 2,483,698,707	\$ 2,465,456,143	\$ 1,428,242,007	\$ 2,287,874,413	\$ 2,348,219,075	\$ 2,300,136,828
- Valor en libros de los activos vendidos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Financiero		\$ 6,322,086,889	\$ 7,829,086,581	\$ 10,115,277,095	\$ 11,132,888,266	\$ 12,607,294,863	\$ 10,607,913,114	\$ 11,908,884,078
= Utilidad antes de impuestos UAI	\$ -	\$ 6,322,086,889	\$ 7,829,086,581	\$ 10,115,277,095	\$ 11,132,888,266	\$ 12,607,294,863	\$ 10,607,913,114	\$ 11,908,884,078
- Impuestos		\$ 1,887,288,876	\$ 2,883,788,842	\$ 3,336,074,507	\$ 4,333,888,181	\$ 4,094,617,172	\$ 4,685,111,828	\$ 3,996,289,746
Impositivo		\$ 6,324,788,222	\$ 7,341,628,038	\$ 6,777,202,798	\$ 8,799,036,205	\$ 8,512,687,290	\$ 7,274,801,796	\$ 8,012,184,332
= Depreciación operativa		\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779	\$ 1,430,584,779
= Amortización diferentes operativos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Depreciación a administración, distribución, ventas		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Amortización administración, distribución, ventas		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Valor en libros de los activos vendidos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
-/A Variación del Capital de trabajo	\$ -	\$ 615,480,232	\$ 109,874,480	\$ 138,965,182	\$ 183,960,994	\$ 147,077,332	\$ 190,040,050	\$ 85,295,829
= Inversión en activos fijos	\$ 18,463,932,918	\$ 327,000,524	\$ 542,198,758	\$ 578,381,322	\$ 610,594,650	\$ 647,263,052	\$ 687,618,381	\$ 729,700,826
= Recuperación del capital de trabajo	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= Flujo de caja del proyecto	\$ 18,463,932,918	\$ 8,221,821,245	\$ 8,021,640,000	\$ 7,499,542,063	\$ 6,818,062,810	\$ 6,142,386,828	\$ 6,115,808,212	\$ 6,667,772,816
Méritos								
TIO		9.05%						
UPA		\$ 78,694,108,845.73						
TUR		37.08%						
TIRM		15.14%						

Fuente: elaboración de los autores.

Escenario 2. Reemplazar el activo (seleccionar “1” con botón hoja F de CP. Ver anexo)

Ingresos: en este escenario los ingresos y los costos están definidos en el activo, en la hoja “REEMPLAZO”, del libro “Flujo de Caja V0”. Los ingresos tienen la misma estructura descrita en el escenario 1.

Pagos por compensación: a partir del año 2013 se considera en 0 pesos porque el activo cumple con la disponibilidad exigida por la regulación.

Costos: se consideran los mismo costos AOM (administración, operación y mantenimiento) que para el escenario 1.

Costos financieros: el modelo financiero se encuentra en la hoja “Financiación REEMPLAZO”.

Tabla 8. Modelo financiero para reemplazo de la UC

	Año 2014
Valor de inversión	34,200,000,000
Monto requerido para el proyecto	23,940,000,000
Tasa de interés (EA)	4.3%
Plazo	30
Períodos de gracia	0
Período del crédito	30
Estudio-Comisión-Apertura	1%
Forma de pago	Anual
Impuesto de renta	33%

Fuente: empresa TN.

Inversión: los valores de inversión se tomaron del CAPEX de la empresa TN. Ver hoja “CAPEX UC”.

Para el análisis de reemplazo se consideró que el activo deberá ser depreciado totalmente al final del período. Se debe tener en cuenta que cuando el activo sea reemplazado, este no podrá ser vendido (valor de salvamento igual a cero pesos), por lo que se debe hacer un procedimiento de disposición final con una empresa contratante, que se encargue de cubrir todos los costos de desmontaje a cambio del usufructo por la recuperación de algunas partes.

El flujo de caja para el escenario 2 se muestra en figura 13.

Figura 13. Flujo de caja para el escenario 2.

AÑO		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos	+ Ingreso Total		\$ 11.905.094.690	\$ 14.950.094.232	\$ 17.279.467.898	\$ 20.969.577.742	\$ 20.038.033.107	\$ 25.052.239.944	\$ 19.395.142.717	\$ 17.209.736.582
	- Desastros por Compensación									
Operativa	+ Costos de operación		\$ 2.163.411.566	\$ 2.554.292.894	\$ 3.044.291.964	\$ 3.692.951.465	\$ 3.526.018.531	\$ 3.181.877.068	\$ 2.421.181.429	\$ 2.044.831.889
	+/- Depreciación y Amortización de Bienes Operativos		\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779
	+ Gastos Fijos									
	+ UTILIDAD BRUTA	\$ -	\$ 8.711.298.395	\$ 10.915.215.549	\$ 12.804.591.213	\$ 15.006.091.490	\$ 15.006.438.297	\$ 13.845.560.097	\$ 14.521.376.499	\$ 12.810.291.182
Administración	- Gastos de administración		\$ 163.213.174	\$ 181.243.361	\$ 219.147.776	\$ 277.840.325	\$ 245.498.412	\$ 219.436.808	\$ 166.743.583	\$ 219.181.487
	+ UTILIDAD OPERATIVA	\$ -	\$ 8.548.085.221	\$ 10.723.972.188	\$ 12.575.443.437	\$ 15.028.251.172	\$ 14.795.168.876	\$ 13.206.311.189	\$ 14.364.632.917	\$ 12.591.109.695
	+ Ingresos no operacionales									
	+ Gastos no operacionales									
	+ UTILIDAD antes de Intereses e Impuestos - UAI	\$ -	\$ 8.548.085.221	\$ 10.723.972.188	\$ 12.575.443.437	\$ 15.028.251.172	\$ 14.795.168.876	\$ 13.206.311.189	\$ 14.364.632.917	\$ 12.591.109.695
	- Intereses		\$ 3.524.907.834	\$ 3.493.838.707	\$ 2.490.468.148	\$ 2.413.242.897	\$ 2.287.374.415	\$ 2.040.219.075	\$ 1.205.116.828	\$ 1.191.479.159
	- Valor en libros de los activos vendidos									
Financiero	+ UTILIDAD antes de Impuestos IAI	\$ -	\$ 5.023.177.387	\$ 7.229.934.501	\$ 10.115.175.289	\$ 12.112.808.275	\$ 12.497.294.462	\$ 10.967.911.114	\$ 13.169.516.090	\$ 11.399.629.536
	- Impuestos		\$ 1.987.208.476	\$ 2.863.788.542	\$ 3.810.274.807	\$ 6.018.813.141	\$ 4.284.467.272	\$ 5.082.211.518	\$ 3.946.299.746	\$ 3.429.440.242
Impositorias	+ UTILIDAD Neta - UN	\$ -	\$ 3.035.968.911	\$ 4.366.145.959	\$ 6.304.900.482	\$ 6.093.995.134	\$ 8.212.827.190	\$ 5.885.699.596	\$ 9.223.216.344	\$ 7.970.189.294
	+ Depreciación operativa		\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779	\$ 1.430.584.779
	+ Amortización de Bienes Operativos									
	+ Depreciación administración distribución ventas									
	+ Amortización administración distribución ventas									
	+ Valor en libros de los activos vendidos									
	+/- Variación del CAPITAL DE TRABAJO	\$ -	\$ 815.480.232	\$ 289.574.400	\$ 198.763.182	\$ 183.930.994	\$ 147.077.531	\$ 198.040.020	\$ 85.254.828	\$ 1.003.871.139
	+ Inversión en activos Fijos	\$ 18.403.932.916	\$ 527.300.524	\$ 541.198.728	\$ 875.281.222	\$ 810.534.633	\$ 847.262.252	\$ 957.816.291	\$ 729.700.624	\$ 703.880.514
	+ Recuperación del capital de trabajo									
	+ Flujo de caja del proyecto	\$ 18.403.932.916	\$ 832.812.231	\$ 6.025.846.509	\$ 7.495.521.961	\$ 6.616.882.543	\$ 6.147.586.888	\$ 6.211.809.210	\$ 6.447.772.816	\$ 7.642.952.742
	Divisa	TD	3,32%							
		UPV	5,96.871.345.112.18							
		TIR	24,25%	SE ACEPTA EL PROYECTO TIR-TD						
		TIRM	23,65%							

Fuente: elaboración de los autores.

Escenario 3. Modernización de la UC (seleccionar “2” con botón hoja F de CP)

Ingresos: en este escenario los ingresos y los costos están definidos en el activo, en la hoja “REFURBISHMENT”, del libro “Flujo de Caja V0”.

Pagos por compensación: los niveles de indisponibilidad se definieron iguales al escenario 1, cuando estaba arrancando el equipo. Ver hoja “REFURBISHMENT”.

Costos: por experiencia, la empresa de transmisión nacional presupuesta este mismo valor en el AOM (administración, operación y mantenimiento) que en el escenario 1.

Costos financieros: para la alternativa de modernización de la UC (*refurbishment*) se incluyó en el modelo financiero lo siguiente:

Tabla 9. Modelo financiero de la modernización de la UC (*refurbishment*).

	Año 2014
Valor de inversión	13,993,748,900
Monto requerido para el proyecto	9,795,624,230
Tasa de interés (EA)	4.3%
Plazo	16
Períodos de gracia	0
Período del crédito	17
Estudio-Comisión-Apertura	1%
Forma de pago	Anual
Impuesto de renta	33%

Fuente: empresa TN.

Inversión: el valor de la inversión en este caso se determinó a partir del CAPEX calculado para la modernización (*refurbishment*), incluido en el libro de *Excel*, hoja “Refurbishment SVC”. El total en dólares de la deuda es de USD7,365,131, obtenidos por la suma de los siguientes costos:

1. Equipos primarios PATIO: se refiere al equipo eléctrico, del activo original, que debe ser reemplazado.
2. Material para instalación: se refiere a los materiales necesarios para la instalación de los equipos.
3. Equipos secundarios: son los sistemas de protección y comunicación necesarios para la operación del equipo.
4. Servicios: considera los trabajos en obras civiles, desmontaje de equipos y montaje de los nuevos. También considera las pruebas durante la instalación.
5. Repuestos: considera algunos repuestos que deben quedar en inventario para cumplir con la disponibilidad fijada por la CREG 011 (CREG, 2009, p.35).
6. La administración, que se calcula en USD481,831.

La información con la que se construyó el CAPEX para el valor de la inversión consideró los mismos criterios del CAPEX original que se había planteado. El detalle se encuentra en la hoja “Refurbishment UC”.

Los valores de depreciación se calculan a partir de la inversión para la renovación del equipo, la cual debe ser capitalizada.

El flujo de caja para el escenario 3 se muestra en figura 14.

Figura 14. Flujo de caja para el escenario 3.

AÑO	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007									
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO																		
Ingresos																		
-- Ingreso total	\$	12,329,004,630	\$	14,400,046,122	\$	17,279,997,298	\$	20,989,877,742	\$	25,038,031,327	\$	29,297,329,644	\$	34,388,162,717	\$	37,285,718,888		
Operativo																		
-- Desembolsos por compensación	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---		
-- Costos de operación	\$	2,180,411,590	\$	2,554,595,894	\$	3,044,191,964	\$	3,692,801,485	\$	4,528,013,021	\$	5,591,077,068	\$	6,911,103,420	\$	8,044,091,809		
-- Depreciación y Amortización de diferidos Operativos	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779		
-- Gastos Fijos	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---		
-- UTILIDAD BRUTA	\$	8,718,008,260	\$	10,815,325,549	\$	12,805,220,555	\$	15,266,591,488	\$	18,080,433,527	\$	21,275,767,807	\$	24,936,475,518	\$	27,810,042,300		
Administración																		
-- Saldo de administración	\$	163,113,774	\$	301,181,261	\$	519,147,778	\$	877,390,325	\$	1,385,452,412	\$	2,179,425,208	\$	3,386,755,592	\$	5,229,185,487		
-- UTILIDAD OPERATIVA	\$	8,546,994,486	\$	10,514,144,288	\$	12,286,072,777	\$	14,389,201,163	\$	16,705,011,115	\$	19,106,342,600	\$	21,550,720,926	\$	23,380,856,813		
Ingresos no operativos																		
-- Ingresos no operativos	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---		
-- Utilidad antes de intereses e impuestos - UAI	\$	8,546,994,486	\$	10,514,144,288	\$	12,286,072,777	\$	14,389,201,163	\$	16,705,011,115	\$	19,106,342,600	\$	21,550,720,926	\$	23,380,856,813		
Impuestos																		
-- Impuesto	\$	6,529,807,414	\$	8,491,636,707	\$	9,960,456,149	\$	11,618,242,367	\$	13,397,874,413	\$	15,348,238,075	\$	17,496,194,632	\$	19,847,474,308		
-- Utilidad antes de impuestos UAI	\$	2,017,187,072	\$	2,022,507,581	\$	2,325,616,628	\$	2,770,958,796	\$	3,307,136,702	\$	3,758,104,525	\$	4,054,526,294	\$	3,533,382,505		
-- Impuestos	\$	1,587,388,676	\$	2,600,146,342	\$	3,228,274,607	\$	4,233,833,142	\$	5,084,407,272	\$	6,003,111,228	\$	7,046,299,746	\$	8,300,440,260		
-- Utilidad antes - UAI	\$	4,429,798,400	\$	6,255,629,839	\$	6,777,342,021	\$	6,795,885,396	\$	6,313,087,290	\$	6,074,893,297	\$	6,011,088,832	\$	6,084,118,288		
Depreciación operativa																		
-- Amortización diferidos operativos	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779	\$	1,430,584,779		
-- Depreciación administración distribución ventas	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---		
-- Amortización administración distribución ventas	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---		
-- Inversión en activos fijos	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---		
-- Recuperación del capital de trabajo	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---	\$	---		
-- Flujo de caja del proyecto	\$	108,669,882,050	\$	4,322,013,245	\$	6,804,640,000	\$	7,699,583,063	\$	9,488,884,100	\$	11,881,286,349	\$	14,311,890,122	\$	16,647,774,886	\$	18,642,684,243
Resumen:																		
TIO																		
VFN																		
TIR																		
TMM																		

Fuente: elaboración de los autores.

4.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Este trabajo identificó como la variable de mayor impacto la indisponibilidad del activo UC, ya que el incumplimiento de las horas máximas de indisponibilidad genera pagos por compensación.

Para el análisis de esta variable, en el archivo del flujo de caja que corresponde a la hoja “Resumen de escenario” se varían las horas de indisponibilidad del activo y se evalúa el valor de compensación que se pagaría por incumplimiento de la meta fijada en la resolución CREG 011 (CREG, 2009). Se observa que, al incrementar los pagos por compensación, se disminuye la utilidad bruta, lo que ocasiona impacto negativo en el flujo de caja del OPEX. De manera adicional se considera que si el activo se mantiene durante su vida útil de 30 años, las compensaciones por incumplimiento de la regulación aumentarán hasta un punto en el cual la rentabilidad se hace mínima, en cuyo caso la operación comercial del activo no es la óptima.

El escenario de variación de la disponibilidad del activo puede observarse en la tabla 10, obtenido del flujo de caja desarrollado en este trabajo.

Tabla 10. Análisis de pagos por compensación debido a las horas de indisponibilidad de la UC.

Análisis de costos por horas de indisponibilidad								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Número de horas de indisponibilidad anuales	10	20	30	40	50	60	70	80
Total \$ compensación CREG 26	-	-	-	-	4,129,574	24,777,445	45,425,316	66,073,187
Total \$ compensación CREG 11	-	18,055,685	54,167,056	90,278,427	126,389,797	162,501,168	198,612,539	234,723,909
Comparación					2961%	556%	337%	255%

Fuente: elaboración de los autores.

Como se puede observar en esta tabla, los resultados de tener incrementos en las horas de indisponibilidad son mucho más rigurosos con la nueva regulación CREG 011 (CREG, 2009), lo que afecta de manera clara el resultado financiero del flujo de caja.

5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El flujo de caja del proyecto permite analizar los tres escenarios de aplicación del modelo LCC y conduce a determinar que la alternativa fuera viable con respecto a la tasa interna de oportunidad con la que cuenta la compañía, del 9.05%. Los resultados arrojados para los escenarios son los siguientes:

1. Mantener el activo durante la vida útil de 30 años.

Tabla 11. Evaluación financiera de la alternativa de mantener el activo en operación.

TIO	9.05%	
VPN	\$75,656,155,855.71	
TIR	37.08%	SE ACEPTA EL PROYECTO TIR>TIO
TIRM	15.14%	

Fuente: elaboración de los autores.

Como se observa, la tasa interna de retorno obtenida a partir del flujo de caja es muy superior al TIO, tasa interna de oportunidad de la empresa. Por esta razón, y en su momento, se consideró viable realizar el proyecto.

2. Reemplazo del activo UC.

Tabla 12. Evaluación financiera de la alternativa de reemplazo de la UC.

TIO	9.05%	
VPN	\$96,871,359,112.13	
TIR	36.89%	SE ACEPTA EL PROYECTO TIR>TIO
TIRM	13.68%	

Fuente: elaboración de los autores.

Para la alternativa de reemplazo de la UC, la TIR es mayor que la TIO; por lo tanto, el proyecto se acepta.

3. Modernización de la UC (*refurbishment*).

Tabla 13. Evaluación financiera de la alternativa de modernización de la UC (*refurbishment*)

TIO	9.05%	
VPN	\$76,272,218,851.35	
TIR	37.06%	SE ACEPTA EL PROYECTO TIR>TIO
TIRM	15.17%	

Fuente: elaboración de los autores.

En la tabla 13 puede verse que, para el escenario de modernización de la UC (*refurbishment*), la TIR es mayor que la TIO; por lo tanto, el proyecto se acepta.

Para encontrar la vida económica del activo se debe determinar el uso del indicador CAUE o CAE, trabajado en el libro en la hoja “F de CP”. El cálculo de este indicador se construyó de conformidad con los siguientes pasos:

1. Se consideraron todos los egresos planteados en el problema como inversiones, pérdidas del valor del activo, costos por compensación, costos operacionales, costos de mantenimiento y gastos administrativos.
2. Todos los costos se van acumulando año tras año como se observa a continuación, en la fila VA (flujos):

INVERSION	\$ 18.403.932.916	\$ 527.100.524	\$ 542.198.758	\$ 575.981.322	\$ 610.594.659	\$ 647.963.052
O&M				\$ 3.273.539.639	\$ 3.970.861.791	\$ 3.792.277.452
CG	\$ 18.403.932.916	\$ 18.931.033.439	\$ 19.473.232.197	\$ 3.273.539.639	\$ 3.970.861.791	\$ 3.792.277.452
VA (FLUJOS)				\$ 65.282.526.840	\$ 68.411.723.240	\$ 71.168.763.249

Fuente: elaboración de los autores.

3. Se encuentra la anualidad por el número de años transcurridos, según el acumulado de cada año:

año	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	0	1	2	3	4	5	6
VA (FLUJOS)				\$ 65.282.526.840	\$ 68.411.723.240	\$ 71.168.763.249	\$ 73.487.096.307
CAE				\$ 36.251.070.460	\$ 21.583.901.313	\$ 18.774.140.436	\$ 16.879.217.438

Fuente: elaboración de los autores.

4. Se determina la vida económica del activo mediante el cálculo del valor del menor CAE:

Menor CAE	\$ 11.113.696.643
------------------	--------------------------

Fuente: elaboración de los autores.

El resultado encontrado para el activo en operación en la actualidad es una anualidad mínima de \$11,113,696,643. Este valor se alcanza cuando el activo ha cumplido 25 años, tiempo que se considera como la vida económica.

AÑO	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	21	22	23	24	25	26	27
VA (FLUJOS)	96.720.956.936	97.814.171.287	98.870.824.855	99.891.183.214	100.879.499.176	101.833.626.854	102.756.037.964
CAE	\$ 11.183.301.627	\$ 11.151.310.733	\$ 11.130.067.973	\$ 11.117.977.651	\$ 11.113.695.543	\$ 11.116.060.801	\$ 11.124.126.400

Fuente: elaboración de los autores.

Para la alternativa de reemplazo, el cálculo del CAUE arroja los siguientes valores:

AÑO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	12	13	14	15	16	17	18	19
VA (FLUJOS)	\$ 84.624.375.642	\$ 86.499.952.016	\$ 124.791.693.599	\$ 206.291.517.590	\$ 277.617.730.945	\$ 338.893.124.539	\$ 391.104.907.357	\$ 431.479.1
CAE	\$ 12.428.753.907	\$ 12.177.335.551	\$ 16.946.113.942	\$ 16.906.134.390	\$ 16.112.893.796	\$ 16.875.942.114	\$ 15.980.182.848	\$ 15.717.1

Fuente: elaboración de los autores.

Este resultado es el esperado, debido a que la inversión inicial todavía no se ha terminado de depreciar para el año 2013 y dado que no se obtiene ningún beneficio por el salvamento, la baja del activo se haría muy costosa para el proyecto.

La alternativa de modernización (*refurbishment*) arrojó el siguiente valor para el cálculo del CAUE:

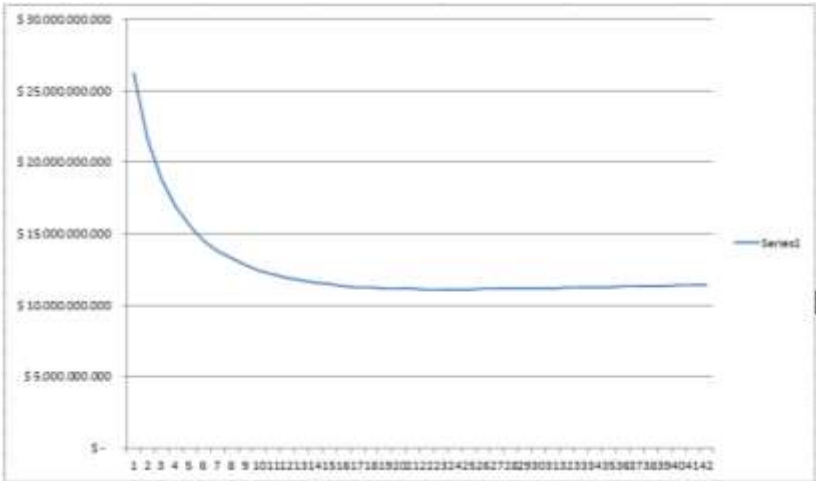
AÑO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	9	10	11	12	13	14	15
VA (FLUJOS)	\$ 79.418.701.988	\$ 81.589.178.087	\$ 83.203.988.829	\$ 84.624.375.642	\$ 86.499.952.016	\$ 102.955.392.127	\$ 104.441.966.502
CAE	\$ 13.790.306.226	\$ 13.278.179.280	\$ 12.810.347.549	\$ 12.419.753.907	\$ 12.177.335.551	\$ 13.961.235.491	\$ 13.781.579.802

Fuente: elaboración de los autores.

Sus resultados también arrojan un CAUE mínimo para el año 2012, esto debido a la gran inversión, que no es comparable con los sobrecostos por la compensación.

La figura 15 muestra el CAUE durante la vida útil del activo; se observa que el valor mínimo se encuentra en el año 25 de la vida útil.

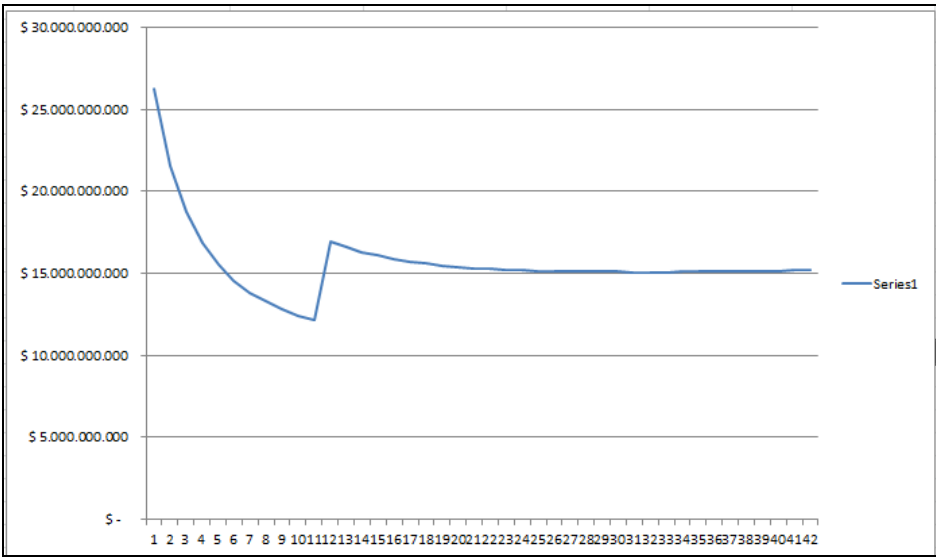
Figura 15. CAUE para la alternativa mantener en operación la UC.



Fuente: elaboración de los autores.

El comportamiento de la alternativa de reemplazo de la UC puede observarse en la figura 16.

Figura 16. CAUE para la alternativa de reemplazo de la UC.

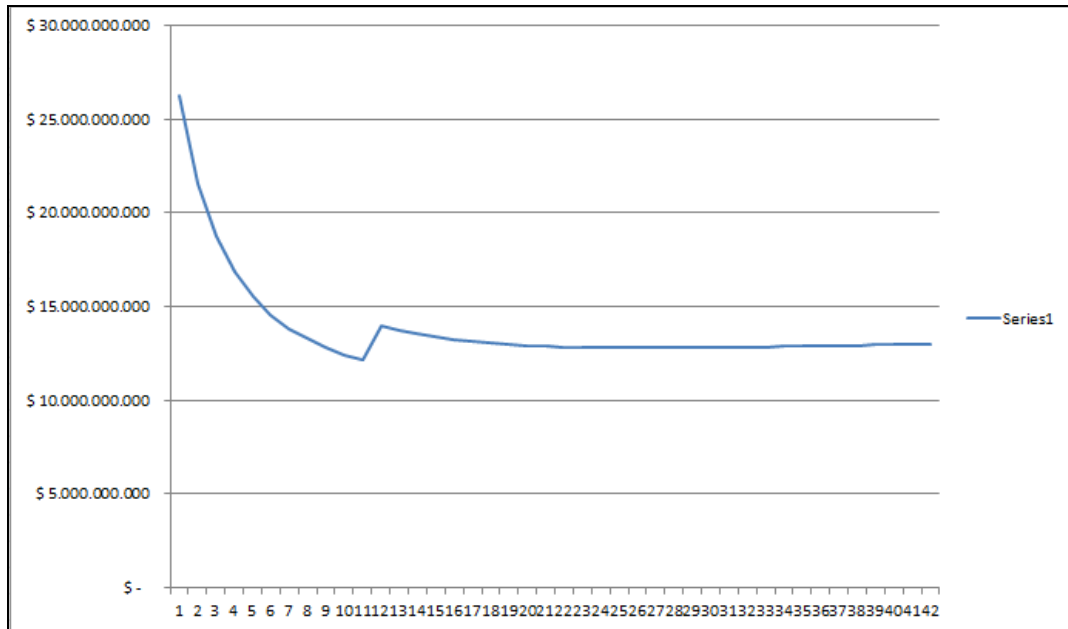


Fuente: elaboración de los autores.

Como puede verse, en el año 13 la inversión en el nuevo activo y la baja del activo anterior vuelven muy costosa la anualidad; por esta razón, esta alternativa pierde validez.

Para la alternativa de modernización (*refurbishment*) se obtuvo el CAUE como se muestra en la figura 17.

Figura 17. CAUE para la alternativa de modernización de la UC (*refurbishment*)



Fuente: elaboración de los autores.

Puede verse que la inversión que se debe realizar es muy alta; por esta razón, los valores del CAUE mínimo no se alcanzan a superar, si se comparan con la alternativa de mantener el activo en operación.

6. CONCLUSIONES

Después de correr los modelos estudiados en el archivo de *Excel* “Flujo de Caja UC”, se analizaron los resultados y se concluyó lo siguiente:

La compensación por indisponibilidad no justifica el cambio o modernización (*refurbishment*) del activo, esto debido a los altos costos de renovación que se requieren para garantizar la disponibilidad que exige la normatividad colombiana CREG 011 (CREG, 2009, p.35).

La mejor alternativa es conservar el activo para renovarlo a los 25 años de su vida útil, teniendo en cuenta que estos activos se manejan con contratos que se garantizan a perpetuidad.

Por la evaluación financiera, cualquiera de las tres alternativas es viable económicamente para la compañía TN.

Los niveles de disponibilidad exigidos por la regulación CREG 011 (CREG, 2009, p. 35) son mucho más exigentes y ameritan la evaluación financiera de diferentes alternativas de reemplazo.

El análisis de reemplazo del activo fue realizado desde el punto de vista financiero, pero pueden existir otras condiciones no incluidas en el estudio, como, por ejemplo, cambios en la regulación, en la legislación y las políticas. También vale la pena considerar la obsolescencia tecnológica que generarían repuestos faltantes, necesarios para garantizar la operatividad del activo.

El trabajo cumplió con los objetivos propuestos.

REFERENCIAS

Banco de la Republica. *Tasa de cambio representativa del mercado (TRM)*. Consultado el 23 de octubre de 2013. En:

http://obiee.banrep.gov.co/analytics/saw.dll?Go&_scid=X9tqCYVcPPQ

DeGarmo, E. P., Sullivan, W. G., Bontadelli, J. A., y Wicks, E. M. (1997). *Ingeniería económica*. (10ª Ed.) México: Prentice-Hall.

Emblemsvåg, J. (2003). *Life-Cycle Costing: Using Activity-Based Costing and Monte Carlo Methods to Manage Future Costs and Risks*. Nueva York: John Wiley & Sons.

Farr, J. (2011). *Systems Life Cycle Costing: Economic Analysis, Estimation, and Management (Engineering Management Series)*. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Gómez, E. A. *Notas de clase del curso Análisis de Riesgo*. Medellín: Universidad EAFIT, el 18 de octubre de 2011.

International Council on Large Electric Systems, CIGRÉ (2011). *Refurbishment Strategies based on Life Cycle Cost and Technical Constraints*. Paris: CIGRÉ, Working Group B5.08.

International Electrotechnical Commission –IEC- (2004). International Standard. IEC 60300-3-3. *Application Guide – Life Cycle Costing*. (2ª Ed) Ginebra, Suiza: IEC.

Palisade Corporation (2013). @ *Risk Software for Risk Analysis*. New York USA.

República de Colombia, Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG 004 (1999).

Resolución 004. Por la cual se aclaran y/o modifican las disposiciones establecidas en la Resolución 051 de 1998, en la cual se aprobaron los principios generales y los procedimientos para definir el plan de expansión del Sistema de Transmisión Nacional y se estableció la metodología para determinar el ingreso regulado por concepto del uso de este sistema.

Consultado el 23 de octubre de 2013. En: http://basedoc.superservicios.gov.co/ark-legal/SSPD/viewdoc?channel=/Resoluciones/1999&documentName=r_creg_0004_1999.html.

República de Colombia, Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG 026 (1999).

Resolución 26. Por la cual se adopta la metodología para establecer los costos unitarios de las unidades constructivas del STN, se fijan los costos unitarios aplicables durante el período 2000-2004 y se establecen las áreas típicas de las unidades constructivas de subestaciones.

Consultado el 15 de septiembre de 2013. En: http://basedoc.superservicios.gov.co/ark-legal/SSPD/viewdoc?channel=/Resoluciones/1999&documentName=r_creg_0026_1999.html

República de Colombia, Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG 061 (2000).

Resolución 061. Por la cual se establecen las normas de calidad aplicable a los servicios de transporte de energía eléctrica en el STN y de conexión al STN, como parte del reglamento de operación del SIN. Consultado el 23 de octubre de 2013. En:

http://www.creg.gov.co/html/Ncompila/htdocs/Documentos/Energia/docs/resolucion_creg_0061_2000.htm

República de Colombia, Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG (2008). *Circular No. 004 de 2008. Asunto: Presentación metodología remuneración de la inversión en el nivel*

tensión I y áreas de distribución de energía eléctrica – ADD. Consultado el 23 de octubre de 2013. En:

[http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/0/de33b485bcc98fb10525785a007a6fad?OpenDocument
&Click=](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/0/de33b485bcc98fb10525785a007a6fad?OpenDocument&Click=)

República de Colombia, Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG (2008). *Circular No. 022 de 2008. Asunto: Estudio base para la remuneración AOM*. Consultado el 23 de octubre de 2013. En:

[http://www.creg.gov.co/viewer/index.jsp?start=0&proxy=%2F&sessionid=15cfb144-5c52-
4fc0-b842-e715ef52ee37](http://www.creg.gov.co/viewer/index.jsp?start=0&proxy=%2F&sessionid=15cfb144-5c52-4fc0-b842-e715ef52ee37)

República de Colombia, Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG 011 (2009). *Resolución No. 011 de 2009. Por la cual se establecen la metodología y fórmulas tarifarias para la remuneración de la actividad de transmisión de energía eléctrica en el Sistema de Transmisión Nacional*. Consultado el 23 de octubre de 2013. En: <http://www.creg.gov.co>

República de Colombia, Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG 106 (2010). *Resolución 106. Por la cual se aprueba la base activos y los parámetros necesarios para determinar la remuneración de Interconexión Eléctrica S.A E.S.P en el Sistema de Transmisión Nacional*. Consultado el 23 de octubre de 2013. En:

[http://basedoc.superservicios.gov.co/ark-
legal/SSPD/viewdoc?channel=/Resoluciones/2000&documentName=r_creg_0106_2000.html](http://basedoc.superservicios.gov.co/ark-legal/SSPD/viewdoc?channel=/Resoluciones/2000&documentName=r_creg_0106_2000.html)

República de Colombia, Decreto 3019 (1989). *Por el cual se modifica el Decreto 1649 y se reglamenta parcialmente el Estatuto Tributario de los Impuestos Administrados por la Dirección General de Impuestos Nacionales*. Consultado el 23 de octubre de 2013. En: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=7321>

República de Colombia. Ministerio de Hacienda y Crédito Público (1993). *Decreto 2649 de 1993, artículo 64*. Consultado el 23 de octubre de 2013. En: <http://www.actualicese.com/normatividad/2001/decretos/D2649-93/2D2649-93.htm>

The Free Dictionary of Farlex (s. f.). *Diccionario financiero*. Consultado el 23 de octubre de 2013. En: <http://financial-dictionary.thefreedictionary.com/OPEX>)

The Institute of Asset Management, IAM (1998). *PAS 55. Asset Management . Guía general para la preparación y presentación de estudios de evaluación socioeconómica de proyectos de reemplazo de equipos*. Consultado el 23 de octubre de 2013. En: <http://pas55.net/>

The Institute of Asset Management, IAM (2008). *PAS 55-1, Part 1: Specification for the Optimized Management of Physical Assets*. Consultado el 23 de octubre de 2013. En: <http://www.theIAM.org>

Toro, J. (1993). *Fundamentos de contabilidad*. Medellín: edición particular del autor.

US Department of Commerce, (2001). *Annual Capital Expenditures Survey*. Washington: U.S. Census Bureau.

ANEXO:

ARCHIVO EN EXCEL “FLUJO DE CAJA V0”