UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
VICERRECTORADO ACADEMICO
DIRECCIÓN GENERAL DE LOS ESTUDIOS DE POST-GRADO
ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y DE GESTIÓN
POSTGRADO EN GERENCIA DE PROYECTOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA REPOTENCIACIÓN DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DE TURBINAS DE COMBUSTIÓN

presentado por
CALVO BARBASAN MARIA DEL CARMEN

para optar al Título de
ESPECIALISTAS EN GERENCIA DE PROYECTOS

Asesor
ESTRELLA BASCARAN CASTANEDO

Caracas, Enero de 2006

RESUMEN

Desde el año 2001 el servicio eléctrico venezolano presenta una crisis de abastecimiento, que se debe al largo periodo de sequía existente en el sur-este del territorio nacional, lo que a su vez ha traído como consecuencia que el nivel de agua de la represa del Guri ha llegado a uno de los niveles más bajos de su historia, lo cual impide cubrir las necesidades de energía hidroeléctrica del país. A corto plazo una de las alternativas para corregir el déficit de energía, es mejorar la capacidad instalada de las plantas generadoras por turbinas de combustión.

Una empresa privada dispone de una planta de generación eléctrica de turbinas de combustión conformada por cinco unidades generadoras. La alta gerencia se formuló la posibilidad de repotenciar estas unidades, con el propósito de aumentar su capacidad y eficiencia. Sin embargo, para tomar la decisión de ejecutar este proyecto, se debe disponer de información confiable que permita tomar la decisión más conveniente a los intereses de la empresa y su entorno social. En este sentido, existe la necesidad de ejecutar un Estudio de Factibilidad para la Repotenciación de la planta. Presentada la necesidad para la empresa, se visualizo una gran oportunidad de realizar esta investigación de desarrollo. Básicamente, el estudio estará conformado por un análisis de factibilidad técnica y un análisis de factibilidad económica-financiera.

Para ejecutar esta investigación se deberá recolectar información, los métodos principales a ser utilizados son: observación directa, entrevista, tormenta de ideas de expertos, análisis de los datos actuales, interpretación de metodologías similares.

Al concluir el estudio de factibilidad, se espera obtener varios: técnico, económico, y de sensibilidad y un documento final que contendrá la información necesaria para la toma de la decisión más conveniente para la empresa.

INDICE

RESUMEN

1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACION..... 01

1.1 Justificación de la investigación 01

1.2 Objetivos del proyecto..... 04

1.2.1 Objetivo general 04

1.2.2 Objetivos específicos 04

2 MARCO TEORICO..... 05

2.1 Marco organizacional..... 05

2.1.1 Historia..... 05

2.1.2 Misión..... 05

2.1.3 Visión..... 05

2.1.4 Principios y valores..... 06

2.2 Marco conceptual..... 07

2.2.1 Consideraciones generales..... 07

2.2.2 Estudio de factibilidad..... 07

2.2.3 Estudio técnico..... 08

2.2.4 Estudio económico-financiero..... 10

2.2.5 Energía eléctrica..... 15

2.2.6 Operación y mantenimiento de la turbina combustión..... 16

2.2.7 Repotenciación de una planta eléctrica..... 18

3 MARCO METODOLOGICO..... 19

3.1 Consideraciones generales..... 19

3.2 Tipo de investigación 19

3.3 Diseño de investigación 19

3.4 Sistema de variables 20

3.5 Recolección de los datos 21

3.6 Etapas en la elaboración de la investigación 22

4 FORMULACION Y PRESENTACION DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD..... 25

4.1 Estudio técnico ……. 25
4.1.1 Localización de la planta…… 25
4.1.2 Infraestructura de servicios…… 25
4.1.3 Instalaciones de soporte……. 26
4.1.4 Proceso de generación por combustión ……..…… 26
4.1.5 Tecnología instalada ……. 27
4.2.6 Resultados operativos esperados …….. 28
4.1.7 Descripción trabajos de repotenciación …….. 28
4.2 Análisis económico-financiero……..…… 31
4.2.1 Desarrollo Caso A……..36
4.2.2 Desarrollo Caso B……. …39
4.2.3 Desarrollo Caso C……. 40
4.3.4 Desarrollo Caso D……. 44
4.2.4 Comparación casos de estudios……..……... 46
4.5 Análisis de riesgo …….. 48
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..…….. 52
5.1 Conclusiones…….…… 52
5.2 Recomendaciones…….…….. 53
6 BIBLIOGRAFIA……..… ..55
ANEXOS

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 Relación de requerimientos de ingreso y costos……13

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Cálculo de los requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 0 % ……..…….....38

Tabla 3.2 Cálculo de los requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 5 %.....41

Tabla 3.3 Cálculo de los requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 8,5 %.....43

Tabla 3.4 Cálculo de los requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 12.5 %.....45

Tabla 3.5 Comparación casos de estudio…….....47

Tabla 4.1 Análisis probabilístico de riesgo ……49

1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Justificación de la investigación

Según la Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica (CAVEINEL) la capacidad nominal instalada de energía eléctrica en Venezuela para el 2.003 fue de 20.399 MW, donde 13.223 MW constituidos por plantas hidroeléctricas, 4.521 MW por plantas termoeléctricas a vapor y 2.655 MW por plantas de turbinas de combustión.

El sistema eléctrico interconectado venezolano produce energía eléctrica a partir de diferentes fuentes, siendo las principales: plantas hidroeléctricas, plantas termoeléctricas a vapor y plantas de turbinas de combustión. Para finales del año 2003, un 64,80 % de la capacidad nominal instalada de MW de la industria eléctrica venezolana lo constituyeron plantas hidroeléctricas, mientras que 22,20 % por plantas termoeléctricas a vapor y apenas 13,00 % por plantas de turbinas de combustión.

Durante el año 2002, los fenómenos climatológicos y la destrucción de los nacientes y afluentes de las principales represas por explotación de minas en el sur del País causaron que la capacidad nominal instalada de las plantas hidroeléctricas decreciera aprox 5,53 % en relación con la correspondiente al año 1998. (Según CAVEINEL, en el año 1998 la capacidad nominal instalada de las plantas hidroeléctricas fue de 13.224 MW mientras que en el año 2002 fue de 12.491 MW). Para los años subsiguientes del 2002, la capacidad nominal presentó un ligero aumento; sin embargo no se ha logrado superar los valores alcanzados en el año 1998, existiendo en la actualidad un déficit de generación de energía eléctrica.

Se debe disponer de otras alternativas de generación que sean capaces de cubrir la demanda del sector eléctrico, que no podría ser cubierto a corto plazo

por las plantas hidroeléctricas. La disminución de la capacidad de producción de las plantas hidroeléctricas, en el año 2003, debió ser cubierta por la generación térmica, pero por falta de inversión en los últimos años, las plantas sólo pudieron aportar 28.000 GWh, existiendo un déficit de 8.000 GWh.

Actualmente, en el país existe un número aproximado de 20 plantas de generación eléctrica de turbinas de combustión, con una capacidad instalada comprendida entre 50 y 430 MW por planta.

La planta de generación eléctrica de turbinas de combustión, objeto del presente estudio de investigación está ubicada en Guarenas, Estado Miranda. Está conformada por cinco unidades generadoras, modelo 501D5 Siemens Westinghouse, con una capacidad de producción promedio de 85 MW por unidad (capacidad instalada total de 425 MW) y eficiencia de 11.750 btu por KW.

Frente a la necesidad existente actualmente en el sector eléctrico de cubrir el déficit de la demanda de energía eléctrica en Venezuela a corto plazo, los propietarios de esta planta, se plantean la posibilidad de ejecutar trabajos de repotenciación en las plantas generadoras, para poder incrementar la capacidad instalada de producción y su eficiencia. En la práctica de repotenciación en unidades generadoras similares contribuye a incrementar la producción de energía en un 3.5 %, aproximadamente, por unidad e incrementar la eficiencia en un rango del 2%.

Todo proyecto requiere una inversión para ser ejecutado y de acuerdo con la buena práctica financiera es necesario evaluar su factibilidad técnico-económica (DeGarmo, Sullivan, Bontadelli y Wicks . 1999).

Para verificar que la repotenciación de las plantas sea factible, es necesario comprobar técnicamente que es posible realizar este tipo de acción en cada

una de las unidades de generación. Para ello, se ejecutará un estudio que analizará los siguientes tópicos: familiaridad con la tecnología, flexibilidad operativa, proceso de acción, infraestructura de servicios, efluentes y pérdidas del proceso y disponibilidad de insumos.

En resumen podemos presentar las principales acciones que serán desarrolladas para el proceso de repotenciación de las plantas, son:

- Modificación geométrica de los sellos de las paletas fijas de la turbina
- Enfriamiento de algunas de las partes del compresor y la turbina
- Enfriamiento del aire entrante al compresor

Una vez que se finaliza el estudio técnico se calculará el monto global de la inversión requerida por el proyecto de repotenciación, se estimará el rendimiento más probable, disposiciones legales y fiscales, etc. Todas estas acciones buscan determinar la factibilidad financiera del proyecto de repotenciación.

La toma de decisión de repotenciar o no la planta de generación eléctrica será realizada por sus directivos, como representantes de los propietarios, asumiendo los riesgos presentes en la realización del proyecto. Para ello, es importante y necesario que conozcan las diferentes variables que entran en juego en el desarrollo del proyecto, para que la decisión sea adoptada a conciencia, con las reglas claras y con la menor incertidumbre. En este sentido, se propone el desarrollo del presente estudio de factibilidad, que permitirá que los directivos ponderen las mejores decisiones posibles para salvaguardar los intereses de la empresa.

El estudio de factibilidad representará un instrumento que va proveer información útil y necesaria para la toma de decisión en cuanto la realización o no del proyecto de repotenciación.

Finalmente, podemos concluir que el presente trabajo de investigación tendrá como producto un estudio de factibilidad que orientará, a la alta gerencia de las plantas generación eléctrica de turbinas de combustión, en cuanto a la posibilidad de ejecutar el proyecto de repotenciación desde una óptica técnica y económica-financiera, actuando a favor del fortalecimiento operativo y económico de la organización.

1.2 Objetivos del proyecto

1.2.1 Objetivo general

Realizar el Estudio de Factibilidad (Técnico y Económico-Financiero) para la Repotenciación de una Planta Generadora de Energía Eléctrica de Turbinas de Combustión ubicada en Guarenas, Estado Miranda.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar la posibilidad técnica de la Repotenciación de una Planta Generadora de Energía Eléctrica de Turbinas de Combustión, modelo Siemens Westinghoues W501D5.
- Realizar un estudio financiero, que implique calcular los ingresos que el proyecto de repotenciación debe proporcionar exactamente para hacer frente a los costos asociados con el proyecto, incluyendo un rendimiento justo para los inversionistas.
- Analizar la rentabilidad económica de la Repotenciación de una Planta Generadora de Energía Eléctrica de Turbinas de Combustión, mediante la aplicación del método de requerimientos mínimos de ingreso.

2 MARCO TEORICO

2.1 Marco organizacional

2.1.1 Historia

La planta que será repotenciada pertenece a una empresa privada, la misma se ha dedicado a la generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, desde el año 1897.

Actualmente, esta empresa privada genera energía mediante la utilización de 5 plantas que operan con combustible gas y fuel oil, con una capacidad de 2.281 MW, lo cual representa el 11 % del sistema interconectado nacional. Una de esas plantas es la que está siendo objeto de estudio en la presente investigación, la cual está conformada por 5 unidades generadoras de turbinas de combustión, ubicada en Guarenas, con una capacidad de 425 MW en total. Estas plantas fueron instaladas en el lugar en 1994 y entran en operación en 1995.

2.1.2 Misión

Esta empresa privada tiene como misión proveer el mejor servicio eléctrico y estar comprometida a responder las expectativas de sus clientes, trabajadores y accionistas, contribuyendo así a elevar la calidad de vida de la sociedad venezolana.

2.1.3 Visión

Ser una empresa reconocida nacional e internacionalmente como líder innovador, proveedora de un servicio eléctrico de alta calidad, con personal y tecnología excelente, financieramente sólida y factor fundamental del sector

eléctrico venezolano.

2.1.4 Principios y Valores

Disfrute:

Se desea que las personas que forman parte de la organización disfruten su trabajo. Su meta ha sido crear y mantener un ambiente en el cual cada persona pueda prosperar con el uso de sus habilidades naturales o aprendidas, de tal modo que disfrute el tiempo que pasa en su lugar de trabajo.

Integridad:

Actuar con integridad. Honrar los compromisos. Su meta es que las cosas que se desean y hacen, en todas partes, sean siempre consistentes.

Equidad:

Tratar a su gente, clientes, socios, proveedores, accionistas, al gobierno y a las comunidades en donde operan, con equidad.

Responsabilidad Social:

Actuar en la creencia de que tienen la responsabilidad de estar involucrados en proyectos que proporcionen beneficios sociales. El primero de todos es el proveer un servicio eléctrico con un alto grado de seguridad y de confiabilidad, creando fuentes de trabajo y un ambiente más limpio.

La empresa ha solicitado salvaguardar su nombre y data ante terceros, para la realización de este estudio.

2.1 Marco conceptual

2.2.1 Consideraciones generales

Dentro del presente marco conceptual se presentan las bases de las diversas teorías y conceptos relativos al estudio de factibilidad para la repotenciación de una planta de turbinas de combustión, con el propósito de orientar al lector en la presente investigación. De esta manera se busca la conceptualización adecuada de los términos utilizados, pudiendo ser manejados y convertidos en acciones concretas.

En primer término presentamos la conceptualización de un estudio de factibilidad, desde un enfoque de desarrollo y evaluación de proyectos. Posteriormente abordamos los principales conceptos que se manejan en un estudio de técnico y económico-financiero que constituyen el alcance de esta investigación.

2.2.2 Estudio de factibilidad

El estudio de factibilidad profundiza la investigación en fuentes secundarias y primarias en investigación de mercado (estudio de mercado), detalla la tecnología que se empleará (estudio técnico), determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto (estudio económico-financiero), y es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión confiable y segura de inversión. Esta valiosa herramienta de decisión debe ser presentada de forma que los inversionistas puedan formarse una imagen pronta y precisa del alcance y contenido del estudio.

Es necesario decir que el presente estudio de factibilidad contempla la realización de un estudio técnico y de un estudio económico-financiero, sin embargo, se preguntarán que pasa con el estudio de mercado, en está

investigación la información que debemos disponer para determinar y cuantificar la demanda y oferta del servicio de suministro de energía eléctrica en Venezuela esta determinada y registrada por la Oficina de Operaciones de Sistemas Interconectados Venezuela (OPSIS). También existe la Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica (CAVEINEL), la cual es responsable del cálculo, control, seguimiento de la data de información del sector eléctrico en el país, información que será de gran utilidad. En conclusión, en este análisis de factibilidad no se desarrolla un análisis de mercado por ello no abarcamos una teoría específica sobre este tipo de estudio.

2.2.3 Estudio técnico

Una vez presentado el concepto del estudio de factibilidad y visualizados sus dos componentes básicos que conforman la presente investigación, se definen los aspectos principales de un estudio técnico, como son: el proceso de producción, tecnología utilizada, capacidad instalada y utilizada, efluente y pérdidas del proceso, control de calidad, entre otros. Una vez desarrollado el capitulo podremos responder las preguntas referentes a dónde, cuándo, cuánto, cómo y con qué producir lo que se desea; por lo tanto, el aspecto técnico del estudio comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del proyecto. Información que debe ser conocida al momento de calcular diferentes indicadores productivos requeridos para emitir los resultados finales del estudio de factibilidad del proyecto.

Proceso de producción

“El proceso de producción es el procedimiento técnico que se utiliza en el proyecto para obtener los bienes y servicios a partir de insumos, y se identifica como la transformación de una serie de materias primas para convertirla en artículos mediante una determinada función de manufactura” (Baca, G. 2001).

El proceso de producción debe ser analizado y estudiado para que así el investigador pueda seleccionar la tecnología y distribución optima para el desarrollo del proyecto. Para ello, se utilizan diferentes herramientas, donde destaca los diagramas de flujo, a través de los cuales se hace una representación gráfica del flujo de los insumos y su transformación durante el proceso.

Tecnología utilizada

Un concepto muy trillado de tecnología es el arte del "Saber Hacer o Saber Cómo", eso quiere decir que la tecnología no es necesariamente el objeto tangible sino más bien el conocimiento humano que gira alrededor de un bien o servicio (Guía Asignatura Gerencia de Proyectos Tecnológicos, Copyright Velazco, 2004).

Cuando se desarrolla un estudio técnico es vital conocer y evaluar las diferentes alternativas tecnológicas que pueden ser aplicadas en el proyecto, porque los costos del proyecto se verán influenciados directamente por la tecnología empleada, como también su optimización (DeGarmo y cols., 1999).

Capacidad instalada

"Es la que indica el volumen de producción que se tiene estimado alcanzar en el último año de la proyección" (Blanco, A. 2003, pp 160).

"El tamaño de un proyecto es su capacidad instalada y se expresa en unidades de producción por año" (Baca, A. 2001, pp 84).

Capacidad utilizada

"Es la que indica la forma en que va a crecer la producción a lo largo de los lapsos previstos de proyección. Su determinación está basada en la demanda real detectada en el estudio de mercado para cada uno de los años de proyección" (Blanco A., 2003, p. 160).

Efluente y pérdidas del proceso

Cuando se genera un bien o servicio, paralelamente se producen efluentes del tipo sólido, líquido, gaseoso o sólido y también pérdidas físicas, químicas o gaseosas, las cuales deben estar controladas; en primer lugar, porque pueden afectar el rendimiento económico y en segundo lugar porque puede violentar las normativas de seguridad, higiene y ambiente (SHA) del entorno laboral como de la comunidad vecina del ente de producción (Riggs, 2001).

Control de calidad

El control de la calidad comprende las técnicas y actividades operativas que tienen por objeto tanto el seguimiento de un proceso como la eliminación de las causas de desempeños no satisfactorios en todas las fases del ciclo de la calidad con el fin de obtener los mejores resultados económicos (Compendio de Normas COVENIN / ISO 9000 – 2000).

2.2.4 Estudio económico-financiero

Una vez que se realizó el estudio técnico, se ejecuta un estudio económico-financiero, que implica contabilizar en términos monetarios la inversión requerida para comenzar las operaciones del proyecto, la planificación de los recursos en el momento cronológico en que se requieren, la duración del período de inversión, los estados financieros que resultan de la operación del

proyecto, las fuentes de financiamiento que se utilizarán y sus costos.

Una vez que se dispone de toda la información económica y se realiza la etapa final del estudio de factibilidad, que no es otra cosa que la evaluación económica del estudio, donde se comprueba la rentabilidad económica del proyecto, para ello se utilizan diferentes métodos de evaluación, se aplicará aquel que se adecue mejor al caso en estudio, por ejemplo: Requerimientos Mínimos de Ingresos, Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, etc.

Inversión

La inversión en un proyecto consiste en la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para la operatividad del proyecto, con excepción el capital de trabajo (Baca, G. 2001).

Se entiende por activo tangible o fijo, aquellos que pueden ser tocados; los bienes como terrenos, edificios, maquinarias, equipos, mobiliario, vehículos, herramientas y otros. Se le llama fijo porque no se puede desprender fácilmente de ellos sin que ello ocasione problemas a las actividades productivas (Baca, G. 2001).

Mientras que los activos intangibles lo conforman bienes que son necesarios para el funcionamiento y operatividad del proyecto, pero no tienen posicionamiento fijo, por ejemplo: patentes de inversión o de marcas, nombres comerciales, asistencia técnica, transferencia de tecnología, contratos de servicios, estudios de ingeniería, capacitación de personal, etcétera (Baca, G. 2001).

Depreciación

“Es la disminución en el valor de las propiedades físicas con el paso del

tiempo y el uso. De forma más específica, la depreciación es un concepto contable que establece una deducción anual contra ingresos antes de impuestos tal que el efecto del tiempo y el uso sobre el valor de un activo se pueda reflejar en los balances financieros de una empresa" (Sullivan W., 1999, pp 165).

Sistema Modificado de Recuperación de Costo Acelerado (SMRCA)

Principal método para calcular deducciones de depreciación para bienes en proyectos de ingeniería, creado por TRA 86.

"El SMRCA consiste en dos sistemas para calcular las deducciones de depreciación. El principal se llama *Sistema de Depreciación General (SDG)* y el segundo, *Sistema de Depreciación Alternativo (SDA)."* (DeGarmo y cols. 1999, pp. 281)

En general, el SDA proporciona un periodo de recuperación mayor y utiliza sólo el método de depreciación de la línea recta. Por esta razón, los bienes que se ponen en cualquier uso libre de impuestos y los bienes que se usan predominantemente fuera de estados Unidos son ejemplos de activos que deben depreciar según el SDA (DeGarmo y cols. (1999).

Método de requerimientos mínimos de ingresos

El método de evaluación económica que las empresas privadas de servicios públicos reguladas utilizan con mayor frecuencia es el método de requerimientos mínimos de ingreso (DeGarmo y cols. 1999).

El punto central de este método consiste en calcular los ingresos que un proyecto dado debe proporcionar exactamente para hacer frente a los costos asociados con él, incluido justo para los inversionistas. Como las comisiones

regulatorias actúan en nombre de los consumidores de los servicios de una empresa de servicio público, la selección de los proyectos de inversión debe hacerse de forma que los requerimientos de ingresos sean mínimos. En la figura 2.1 se muestra la relación entre los requerimientos de ingreso de un proyecto y sus costos.

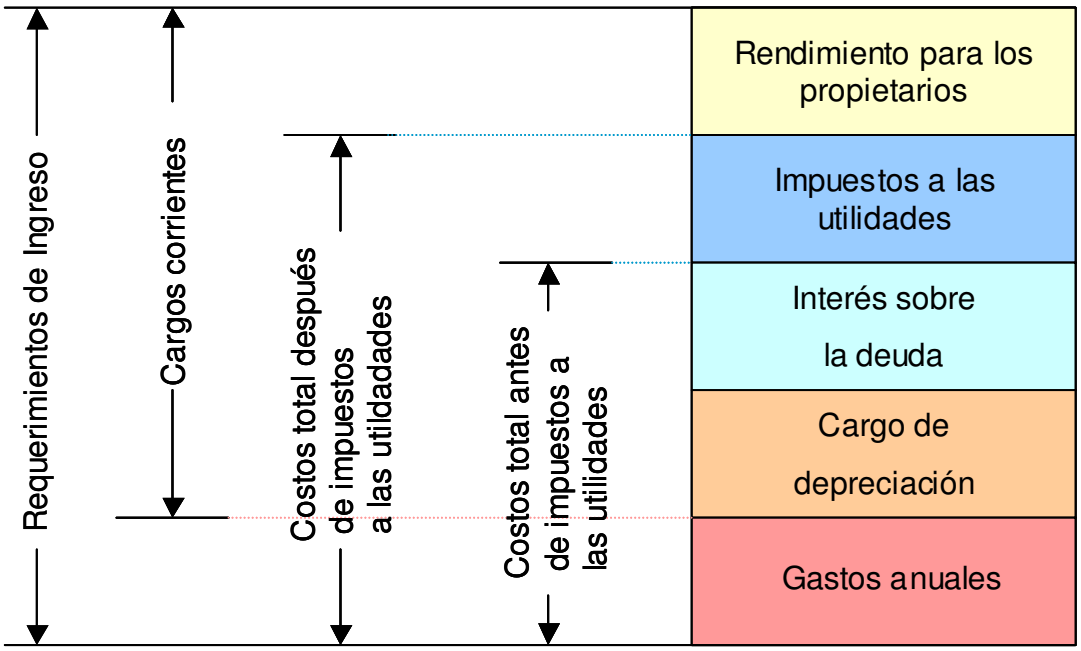

Figura 2.1 Relación de requerimientos de ingreso y costos

Requerimientos mínimos de ingresos

Son los cargos corrientes resultantes de la inversión de capital que se deben recuperar, más todos gastos asociados que ocurren periódicamente, ver figura 2.1.

Costo real capital (K_a)

Es el costo real del capital después de la aplicación de los impuestos del capital. En los proyectos para las empresas de servicios públicos resulta ser la

tasa interés que se emplea para el cálculo de las variables económicas que reportarán el mérito económico de los proyectos.

Inflación general de precios

Es frecuente asociar el término de inflación general de los precios con aumento en los precios de los bienes y servicios; que ocasionan una reducción en el poder de la unidad monetaria.

Valor de recuperación

Valor estimado de una propiedad al final de su vida útil. Es el precio de venta esperado de un bien cuando el activo ya no puede ser usado productivamente por su propietario.

Tasa de inflación general de precios (f)

Medida del cambio en el poder de compra de un dólar durante un periodo específico.

Valor presente

En todo proyecto se debe evaluar el rendimiento económico que producirá o debería producir, mérito económico, en la práctica se calculan diferentes variables una de ellas es el valor presente.

El valor presente se basa en el concepto de valor equivalente de todos los flujos relativos a alguna base o punto de inicio en el tiempo llamado presente. Es decir, todos los flujos entrantes y salientes de efectivo se anticipan al punto presente en el tiempo a una tasa de interés.

El valor presente de una alternativa de inversión es una medida de cuánto dinero podría permitirse un individuo o una empresa pagar por la inversión por arriba de su costo.

2.2.5 Energía eléctrica

La energía eléctrica, electricidad, se ha convertido en parte de nuestra vida diaria. Sin ella, difícilmente podríamos imaginarnos los niveles de progreso que el mundo ha alcanzado.

La energía puede ser conducida de un lugar o de objeto a otro (conducción), esto puede ocurrir con la electricidad. Así es válido hablar de la corriente eléctrica, pues a través de un elemento conductor, la energía fluye y llega a nuestras lámparas, televisores, refrigeradores, computadores y demás equipos que la consumen.

En términos sencillos, la electricidad no es otra cosa que electrones en movimiento. Así, cuando éstos se mueven entre los átomos de la materia, se crea una corriente de electricidad. Es lo que sucede en los cables que llevan la electricidad a su hogar, a través de ellos van pasando los electrones y lo hacen casi a la velocidad de la luz (Newman, H. 1998).

La fuerza eléctrica que empuja los electrones es medida en voltios. Así como se miden y se pesan las cosas que usamos o consumimos, también la energía eléctrica se mide en Watts-hora. El Watt es una unidad de potencia y equivale a un Joule por segundo. Para efectos prácticos, en nuestra factura de consumo de energía eléctrica se nos cobra por la cantidad de kiloWatts-hora (kWh) que hayamos consumido durante un periodo determinado. Recordemos que kilo significa mil, por lo que un kiloWatt-hora equivale a mil Watt-hora. En los campos de la generación y consumo de electricidad, se utilizan los Mega-Watts (MW), equivalentes a millones de Watts.

Hay varias fuentes que se utilizan para generar electricidad: el movimiento del agua que corre o cae, el calor para producir vapor y mover turbinas, la geotermia (el calor interior de la tierra), la energía nuclear (del átomo), energía renovables (solar y eólica) y de la biomasa (leña, basura y rastrojos del campo). En Venezuela el 45%, aproximadamente, de la electricidad se genera a base de combustible fósiles utilizados en plantas eléctricas, las cuales consumen principalmente gas natural y petróleo. Dual es un término que se aplica a las plantas que pueden consumir indistintamente de estos combustibles.

Las plantas eléctricas que queman combustible fósiles, pueden ser de turbinas de combustión (gas), de vapor o ciclo combinado. En todos los casos, la turbina está unida por su eje al generador, el cual contiene un rotor bobinado que gira dentro de un campo magnético estacionario con espiras de un largo y grueso cable. Cuando el eje de la turbina y el magneto que está dentro del generador, se produce una corriente de electricidad en el cable. La electricidad producida en el generador alcanza unos 25 mil voltios, en la planta ese voltaje es elevado a 400 mil voltios para que la electricidad pueda viajar a largas distancias a través de cables de alta tensión y después mediante transformadores que reducen el voltaje, llega a nuestros hogares, escuelas, industrias, comercios, oficinas, etc.

2.2.6 Operación y mantenimiento de la turbina de combustión

La turbina de combustión, también denominada turbina a gas, es un motor que utiliza el flujo de gas como medio de trabajo para convertir energía térmica en energía mecánica.

El proceso de arranque para el funcionamiento y operación de la turbina de combustión es llevado a cabo a través del módulo de arranque ubicado delante del conjunto generador-excitatriz, el cual consta básicamente de un

motor eléctrico y un convertidor de torque. Cuando se da la orden para el arranque de la turbina, el motor eléctrico junto al convertidor, proveen la rotación inicial necesaria para acelerar la turbina.

La turbina de combustión succiona el aire atmosférico a través del sistema de aire de admisión y filtra el aire para separarlo de posibles partículas sólidas dispersas en el mismo. Cuando la turbina de combustión ha alcanzado una velocidad especifica-requerida, se produce el proceso de ignición de la mezcla aire-combustible dentro de la cámara de combustión.

En el momento en que el aire es filtrado entra en el compresor axial, se comprime con el correspondiente aumento de temperatura. En la cámara de combustión, la adición de combustible y la subsiguiente energía térmica (producida por la combustión de la mezcla aire-combustible) aumenta el volumen del aire.

La turbina se acelera hasta una determinada velocidad. Cuando los gases calientes, producto de la combustión, pasan a través de los álabes (paletas) de la turbina de reacción, su presión y temperatura bajan ya que la energía térmica se convierte en energía mecánica que propulsa el giro de los componentes de la turbina de combustión y el conjunto generador-excitatriz. También, el módulo de arranque se desconecta y el proceso de aceleración se auto-sincroniza, variando según la cantidad de combustible que entra en la cámara de combustión.

Parte de la potencia desarrollada por la turbina de combustión se utiliza para accionar el conjunto generador-excitatriz, el cual convierte la energía mecánica en energía eléctrica, la cual a su vez es transformada y acondicionada para su transmisión y distribución en el sistema eléctrico.

Una vez que los gases caliente dejan la turbina de reacción, son dirigidos a la

sección de escape donde son liberados a la atmósfera y se enfrían a temperatura ambiente.

Para que el proceso de funcionamiento y operación de la turbina de combustión descrito anteriormente pueda llevar a cabo es necesario la intervención de equipos auxiliares, los cuales son alimentados eléctricamente desde el paquete eléctrico. Así mismo el monitoreo y control de todo el proceso se realiza mediante el sistema de control ubicado también en este módulo.

2.2.7 Repotenciación de una planta eléctrica

Es el conjunto de actividades que se realiza a una planta de generación eléctrica para aumentar su capacidad de producción y eficiencia. Un proceso de repotenciación implica cambios o reemplazo en alguno de los componentes operativos de la planta, sin alterar el resto de los componentes.

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Consideraciones generales

Para toda investigación es de vital importancia el empleo de una data que disponga de fiabilidad, objetividad y validez interna. En este sentido es importante hacer uso de un método de trabajo apropiado para el tipo de investigación desarrollada, por tal motivo el método es esquematizado en los puntos siguientes.

3.2 Tipo de investigación

De acuerdo al problema planteado referido a disponer de una información confiable que suministre los indicadores necesarios para tomar la decisión de ejecutar la repotenciación de la planta generadora, con lo cual se quiere optimizar el funcionamiento de las unidades generadoras, logrando así un incremento en la producción de energía eléctrica. Inducimos que estamos frente a una investigación cuyo propósito es la mejora, un proyecto factible.

3.3 Diseño de investigación

Según la estrategia de recolección de datos para esta investigación, estamos frente a un diseño del tipo documental, debido a que la información a utilizar será obtenida de datos secundarios (data estadística de los entes reguladores del sector eléctrico, historial de la misma empresa, centros de investigación internacional del sector eléctrico, manuales operativos de los equipos, soportes bibliográficos de los fabricantes de los equipos, data estadística del Banco Central de Venezuela, etc.). También se puede decir que esta investigación no es experimental porque se observa los fenómenos tal y como se dan en su ambiente natural para después analizarlos, sin provocar una situación intencional.

3.4 Sistema de variables

Factibilidad del proyecto: “Repotenciación de una planta de generación eléctrica de turbinas de combustión”. Desde dos variables de estudio, las cuales son:

- Técnico
- Económico - Financiero

Es importante aclarar porque en esta investigación no se contempla la realización de un estudio de mercado, en virtud que la información sobre la demanda, oferta, mercado, canales de comercialización y formación de precios están plenamente especificada para su utilización y aplicación. También debemos recordar que se trata de la prestación de un servicio que esta regulado por el sistema de interconexión de energía eléctrica.

Desde un punto de vista operacional la factibilidad del proyecto determina la ejecución de unos trabajos de repotenciación en las cincos unidades de generación, que conforman la planta eléctrica. Como indicador cualitativo cabe destacar los resultados de los estudios técnico y económico – financiero determinan la factibilidad del proyecto. Como indicadores cuantitativos se tienen:

- Para el estudio técnico: los requerimientos técnicos necesarios
- Para el estudio económico – financiero: los ingresos mínimos de inversión, tasa interna de retorno y valor presente acumulado de la inversión.

3.5 Recolección de los datos

Para el levantamiento de la información, en primer término, se realizaron consultas a diferentes fuentes documentales, entre las principales podemos citar las siguientes:

- Estadísticas sobre generación de electricidad en Venezuela en los últimos 5 años, registrada en diferentes páginas Web de entes reguladores del servicio eléctrico en el país, de las empresas eléctricas nacionales públicas y privadas.
- Estadísticas financieras, registradas en la economía nacional en los últimos 5 años. Publicada en página Web de diferentes organismos gubernamentales que generan este tipo de información; por ejemplo, el Banco Central de Venezuela; y de entidades financieras nacionales.
- Bibliografías: textos, manuales de operación, informes de resultados.
- Leyes, normativas y reglamentos que regulan la prestación del servicio eléctrico venezolano
- Estudios del mercado eléctrico nacional e internacional realizados por empresas privadas consultoras.

Paralelo a las consultas de las fuentes documentales, se obtuvo información mediante la realización de entrevistas y consultas al personal experto que labora en la planta generadora, al personal administrativo de la corporación que controla la actividades financieras de la empresa y al personal de servicio técnico que labora en la empresas que fabrican los equipos principales de la planta; por ejemplo, la turbina.

Toda la información recolectada fue objeto de un análisis de contenido para verificar su veracidad. De igual manera la información recolectada a través de las entrevistas, fue planeada en dos fases: una primera fase, consistió en

realizar preguntas abiertas, con un orden preciso y lógico, introduciendo un plan flexible previamente preparado con relación a las interrogantes que son de interés para la investigación, con esta primera entrevista se diagnostica el área de trabajo y establece una interacción con el personal; y una segunda fase, que consistió en realizar preguntas cerradas con un mayor orden lógico que las anteriores.

3.6 Etapas en la elaboración de la investigación

A continuación, se describen cronológicamente las etapas que contemplaron la presente investigación:

1ª Etapa:

Recolección de la información requerida para el desarrollo del estudio de factibilidad, de las diferentes fuentes descritas en el punto anterior.

2ª Etapa:

Validación de la información recopilada y clasificación para su mejor aprovechamiento, descartándose aquella que no tenía utilidad sea por estar desactualizada o por no aportar ningún valor agregado a esta investigación.

3ª Etapa:

Desarrollo del marco teórico, que persigue ubicar al lector dentro del contesto que abarca este estudio.

4ª Etapa:

Diagnostico y análisis de los aspectos técnicos involucrados en el proyecto de

repotenciación, que suministrará información para determinar los indicadores operativos de las unidades generadoras en estudio. Para ello, primero, se describe la conformación operativa de la planta y su proceso de producción; en segundo lugar, se determinará los niveles promedio de producción y sus efluentes; en tercer lugar, se describe los trabajos de repotenciación que serán ejecutados y por último se describirán los beneficios que se obtendrán como efecto de los trabajo por realizar.

5ª Etapa:

En esta etapa se llevó a cabo el estudio económico-financiero.

En primer término fueron cuantificados los montos mínimos de ingresos exactos que debe proporcionar el proyecto para hacer frente a los costos asociados con él, incluido un rendimiento justo para los inversionistas. Junto con la cuantificación de diferentes gastos asociados al desarrollo y puesta en marcha del proyecto, por ejemplo: la depreciación de los equipos, los gastos sociales y los gastos de operación y mantenimiento.

En segundo término, se calculan diferentes variables financieras que determinan finalmente la rentabilidad económica del proyecto, como son la tasa interna acumulada y la tasa interna de retorno de la inversión.

Es importante señalar que en esta etapa fueron evaluados diferentes escenarios económicos.

6ª Etapa:

Comparación de diferentes escenarios económicos – financieros desarrollados en la fase anterior.

7ª Etapa:

Análisis de riesgo y selección de la alternativa más fiable desde el punto de vista económico y operativo para la empresa y la comunidad.

8ª Etapa:

Con los resultados obtenidos en las etapas anteriores, se elaboraron las conclusiones recomendaciones de esta investigación.

4 FORMULACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

4.1 Estudio técnico

4.1.1 Localización de la planta

La planta de generación eléctrica objeto de este estudio de factibilidad, está ubicada en un terreno a las afueras de la ciudad de Guarenas, Estado Miranda. El terreno tiene una extensión de aproximadamente de 18.000 mts2 donde están ubicados el edificio administrativo, las cinco unidades generadoras, las torres de distribución, las vías de acceso, los dos galpones de almacenaje, un taller de mantenimiento, un tanque de full-oil y las áreas verdes perimetrales. Este terreno era propiedad de la empresa antes de la construcción de la planta, el mismo fue adquirido con visión de instalar, a futuro, en ese lugar las unidades de generación que hoy existen.

4.1.2 Infraestructura de servicios

La planta eléctrica está ubicada en una zona de fácil acceso terrestre, y beneficiada por la cercanía a la autopista de Oriente, la cual permite el traslado de equipos de gran peso y volumen desde el puerto de la ciudad de Puerto la Cruz. Esta información es importante tenerla presente en vista que los trabajos de repotenciación pueden implicar el traslado de equipos o piezas de considerable tamaño, desde el exterior.

Algunos de los suministros de los servicios básicos son propios, por ejemplo el agua potable y la energía eléctrica. También se dispone de un enlace directo de telecomunicación, vía microondas, con el centro de distribución principal de la empresa ubicado en la Ciudad de Caracas. Adicionalmente se dispone de una planta de tratamiento de agua negras.

El área está vigilada en forma directa, con personal de una empresa de vigilancia privada, como también existen áreas restringidas de circulación plenamente identificadas y señalizadas. Los perímetros están resguardados por cercas electrificadas y controladas por cámaras de video y sensores de acceso que hacen reportes continuos al centro de vigilancia y a la sala de control.

4.1.3 Instalaciones de soporte

Se dispone de un tren-grua fijo, el cual es utilizado para retirar los equipos principales de las unidades, con seguridad y protección, hacia los patios continuos de almacenaje.

Se dispone de un taller, que dispone de tornos-fresadoras digitales, equipos de soldaduras, cortadoras y herramientas eléctricas y mecánicas menores. Este taller es de utilidad para realizar los trabajos de repotenciación en el sitio.

También, se disponen de patios abiertos, alrededor de las plantas, donde se puede almacenar y los equipos mientras se hacen labores de reparación y mantenimiento de los equipos.

4.1.4 Proceso de generación por combustión

La planta eléctrica, objeto de estudio, trabaja bajo el concepto de generación por combustión de combustibles fósiles como el gas natural o derivados específicos del petróleo, donde se transforma la energía calorífica en energía mecánica, para posteriormente ser convertida en energía eléctrica. Esta planta es de ciclo simple

4.1.5 Tecnología instalada

Las cinco unidades de generación instaladas son Westinghouse modelo W501D-5, de acuerdo a los Manuales Operativos Siemens W501D5 cada una de estas unidades constan de los siguientes componentes:

- Un compresor axila de 19 etapas de compresión, capaz de suministrar 791 Lbs/seg. Con una relación de 14:1
- Una cámara de combustión con catorce cestos-combustores distribuidos en forma anular con tubos cruzados y dos bujías de encendido
- Una turbina de potencia con cuatro etapas
- Un paquete eléctrico en el cuál se encuentran el centro de control de motores y el panel de control de la turbina
- Paquete mecánico en el cuál se encuentran los dispositivos del sistema aceite lubricación tales como: bombas AC y DC de lubricación, filtros, panel de suiches – manómetros.
- Un generador enfriado por aire, equipado con su sistema de lubricación, el mismo está conectado directamente al compresor a través de un acoplamiento sólido
- Un sistema de regulación de voltajes y excitación estática los cuales funciona para controlar la potencia de salida del generador
- Un sistema de filtración del aire de entrada, que está provisto de filtros y pre-filtros que tienen como función extrae las impurezas que pudiera contener el aire ambiental permitiendo así que el compresor axial opere en la forma más eficiente.

Para mayor detalle ver en anexos, fotografías de los principales componentes de la unidad 2.

4.1.6 Resultados operativos esperados

Los trabajos de repotenciación tienen como fin el mejoramiento operativo de las unidades generadoras, Siemens Westinghouse modelo W501D5. Con la realización de estos trabajo se espera aumentar el poder y eficiencia de la turbina, lo cual se traducirá en un incremento esperado de la generación de energía en un 3.5% y disminuir del consumo de combustible en un 2.0%, aproximadamente. Actualmente las cinco unidades generadoras producen 450 MW aproximadamente, con la aplicación de la tecnología de repotenciación se espera producir 465 MW aproximadamente, con un ahorro en el consumo de gas en un 2%.

4.1.7 Descripción de los trabajos de repotenciación

Para aumentar el poder y la eficiencia de la turbina, modelo Siemens Westinghouse W501D5 se debe mejorar el rendimiento y la velocidad del fluido de la turbina. Por ello, los trabajos de repotenciación involucran el rediseño de algunos componentes de la turbina, los cuales son: implantación de nuevos sellos tipo cepillo, un sistema de regulación de enfriamiento, rediseño de la rueda 1 de la turbina y recubrimiento de los sellos anillos de las ruedas 1 y 2 de la turbina. Para mayor detalle se describe, a continuación, cada uno de estos nuevos diseños:

4.1.7.1 Instalación de sellos tipo cepillos que reducen el flujo de enfriamiento

El material del soporte del sello tipo cepillo es similar al material del alojamiento del sello existente, lo cual permite una expansión térmica diferencial mínima entre el alojamiento del sello y los segmentos tipos cepillos, durante la operación.

Además, la placa trasera del sello tipo cepillo está diseñada de tal manera que si las cerdas sufren un desgaste significativo, debido a un alto ciclaje o los trasientes del rotor, la placa trasera funcionará como el sello actual. Por lo tanto, aun en el caso más adverso, el sello repotenciado tipo cepillo, está diseñado para suministrar la misma capacidad del sellado actual.

4.1.7.2 El sistema de regulación del enfriamiento optimiza las tasas de flujo de aire de enfriamiento a la cavidad de la rueda.

Basado en las experiencias de rediseño de los modelos W501D5A, se puede afirmar que la implantación de un sistema de regulación del enfriamiento mejora la eficiencia y la potencia de la turbina.

El flujo de enfriamiento aplicado a la cavidad del disco es requerido para mantener la temperatura de diseño del metal y por eso se mitiga la degradación del material del rotor por temperatura. Cuando se presuriza el área de la cavidad del disco, el sistema de regulación de flujo minimiza el sobre-enfriamiento, controlando las máximas temperaturas de operación dentro de los límites de diseño. Previamente, el área de la cavidad del disco podía ser sobre-enfriada con el diseño del orificio fijo, cuyo tamaño se seleccionaba sobre la base de las condiciones de operación más adversas esperadas en la máquina. La reducción en el flujo de enfriamiento en la cavidad del disco permite que el aire que iba a ser utilizado para enfriamiento ahora se use para producir mayor potencia en la turbina. El resultado es un aumento de la potencia y mayor eficiencia de la turbina.

La adición de válvulas de regulación permite que el flujo de enfriamiento a la cavidad del disco se ajuste a los cambios de los parámetros operativos. El sistema de regulación de flujo de enfriamiento también requiere cambios en el sistema de control. Estos cambios en el sistema de control no

afectan los límites actuales de temperatura en la cavidad del disco, pero optimizan el flujo de enfriamiento en base a la temperatura de referencia (setpoint) para la mayoría de las condiciones de operación en transiente.

4.1.7.3 El Rediseño de la rueda 1 de la turbina reduce el flujo de enfriamiento.

El álabe rediseñado de la rueda 1 para el modelo W501D5, está hecho de un nuevo material, que mejora la resistencia a la fatiga y al “creep”, con respecto al material usado anteriormente. Todo el álabe está protegido por un recubrimiento, resistente a la corrosión y un TBC (Thermal Barrier Ceramic – Barrera térmica cerámica), para una mayor resistencia a la alta temperatura. Además este álabe muestra un esquema de enfriamiento mejorado, con base en la nueva configuración exitosa del modelo W501D5A. Las nuevas características de enfriamiento reducen la cantidad de flujo de enfriamiento necesaria para cumplir con los criterios de diseño de duración del álabe de la turbina. Esta reducción en el flujo de enfriamiento, suministrado por el rediseño del álabe de la rueda 1, mejora la eficiencia y la potencia de la turbina.

4.1.7.4 Los recubrimientos resistentes al roce, aplicados a los segmentos de anillo, reducen las luces de la punta del alabe

Basados en los rediseños exitosos de los segmentos anillo de la rueda 1 y 2 de la turbina modelo W501D5A, para reducir las luces en la punta del álabe, se puede reafirmar que este rediseño garantiza que la potencia y la eficiencia de la turbina aumentan al reducir las pérdidas en la punta de los álabes.

La turbina normalmente usa un recubrimiento resistente al roce que no afecta la vida operacional de las paletas, Esta porción, del paquete de rediseño, se aplica a unidades que no han experimentado roces

importantes durante la operación. Cuando se tienen roces considerables persistentes en el modelo estándar W501D5A, puede ser indicación de otros problemas, incluyendo vibraciones y distorsiones del anillo de alabes fijos. Estos problemas deben ser resueltos antes de instalar los segmentos de anillos con recubrimiento resistente al desgaste. En el caso de nuestras unidades generadoras no presentan este problema.

4.2 Análisis Económico-Financiero

Este caso de estudio se trata de una empresa servicio público, suministro de energía eléctrica, privada regulada. Por lo tanto, no es una organización lucrativa de libre mercado ni una empresa completamente gubernamental. Sus objetivos de negocio y sus características operacionales particulares, dictan la necesidad de una técnica de evaluación con un punto de vista diferente del que se usa en las empresas de libre mercado o empresas de servicios públicos subsidiadas por el gobierno (DeGarmo y cols. 1999).

El método de evaluación económica que se utiliza con mayor frecuencia en las empresas de servicios públicos reguladas, propiedad de inversionistas privados, es el de ***"Requerimiento Mínimo de Ingreso"***, por lo tanto fue éste el método aplicado en esta investigación. El punto central de este método consiste en calcular los ingresos que el proyecto debe proporcionar exactamente para hacer frente a los costos asociados con él, incluido un rendimiento justo para los inversionistas.

El requerimiento de ingreso mínimo consistente en cargos corrientes resultantes de inversiones de capital que se deben recuperar, más todos los gastos asociados que ocurren periódicamente (es decir, combustible, gastos de operación y mantenimiento, impuestos sobre bienes y seguro). Los cargos corrientes incluyen los siguientes:

- Interés sobre bonos utilizados para financiar parcialmente el proyecto
- Requerimientos de rendimiento del capital propio para los accionistas
- Impuestos a las utilidades por pagar a los gobiernos estatal y local
- Cargos de depreciación sobre la inversión

Para facilitar los cálculos se empleó una forma tabular para calcular los requerimientos mínimos de ingreso anual para el proyecto en estudio, el mismo consiste en un formato de cálculo, fácil de manipular y comprensible, donde se construye una tabla conformada por tantas columnas como componentes de requerimientos de ingresos existan.

Para cada año de operación (k), se calcularon los requerimientos mínimos de ingreso ($\mathbf{R}I_k$), usando las ecuaciones siguientes:

$$\mathbf{R}I_k = \mathbf{C}A_k + \mathbf{C}_k \qquad \textbf{(E-3.1)}$$

$$\mathbf{R}I_k = \mathbf{D}_{B\,k} + \lambda\, i_b UI_K + (1 - \lambda)e_a UI_K + \mathbf{T}_k + \mathbf{C}_k \qquad \textbf{(E-3.2)}$$

Donde:

$\mathbf{R}I_k$ = requerimiento de ingreso en el año k

$\mathbf{C}A_k$ = cargos corrientes en el año k

$\mathbf{C}_k$ = gastos anuales (libre de inflación) en el año k

$\mathbf{C}'_k$ = gastos anuales (con inflación) en el año k

$\mathbf{D}_{B\,k}$ = depreciación en libros

$\lambda\, i_b UI_K$ = rendimiento de la deuda

λ = razón de deuda

i_b = costo Real (libre de inflación) del dinero tomado en préstamo

i'_b = costo Real (con inflación) del dinero tomado en préstamo

UI_K = inversión no recuperada

$(1 - \lambda)e_a UI_K$ = rendimiento del capital propio

e_a = tasa real (libre de inflación) sobre el capital propio

e'_a = tasa real (con inflación) sobre el capital propio

$\mathbf{T}_k$ = impuestos a las utilidades

f = tasa de inflación anual promedio

VPRI(K_a) = valor presente de RI como función de K_a

$\mathbf{K_a}$ = costo real después de impuestos del capital de la empresa

$\boldsymbol{t}$ = tasa efectiva de impuestos a las utilidades

El ejercicio económico fue desarrollado, considerando valores equivalentes ajustados a la inflación y la depreciación del SMRCA.

Así el costo ajustado a la inflación del capital tomado en préstamo se calcula como lo muestra la ecuación 3.3.

$$i'_b = (1 + i_b) \cdot (1 + f) - 1 \qquad \textbf{(E-3.3)}$$

La tasa de capital propio ajustada a la inflación se calculo según la ecuación 3.4

$$e'_a = (1 + e_a) \cdot (1 + f) - 1 \qquad \textbf{(E-3.4)}$$

De manera similar, los gastos anuales en el año k son ajustados a la inflación, mediante la ecuación 3.5.

$$C'_k = C_k \cdot (1 + f)^k \qquad \textbf{(E-3.5)}$$

Una vez calculados los Requerimientos de Ingreso Mínimo (**RI**), se determinó el valor presente de **RI** en función de K_a (**VPRI(K_a)**), mediante la ecuación 3.6 y el requerimiento nivelado como función de K_a (**$\underline{\text{RI}}$ (K_a)**), mediante la ecuación 3.7 Con estas dos medidas se reporta el beneficio económico del proyecto, comparando estas variables contra los ingresos que se obtendrán por el desarrollo del proyecto, si los valores obtenidos son menores a los ingresos el proyecto será factible su ejecución, en caso contrario no le será.

$$\textbf{VPRI}(K_a) = \sum RI_k \cdot (P / F, K_a\%, k) \qquad \textbf{(E-3.6)}$$

$$\underline{\textbf{RI}}\ (K_a) = VPRI(K_a) \cdot (A / P, K_a\%, N) \qquad \textbf{(E-3.7)}$$

Donde:

VPRI(K_a) = Valor presente de RI como función de K_a

K_a = Costo real después de impuestos del capital de la empresa

$\underline{\text{RI}}$ (K_a) = Requerimiento de ingreso nivelado como función de K_a

En vista que para este proyecto está presente el factor de la inflación, se debe ajustar el factor **K_a** a la intervención del factor f, para ello se aplica la ecuación 3.8.

$$K'_a = \lambda(1 - t)i'_b + (1 - \lambda)\, e'_a \qquad \textbf{(E-3.8)}$$

En este caso de estudio; el resultado depende, en gran medida, de un solo factor, que es la tasa efectiva de impuestos a las utilidades (t). La estimación del valor de t es difícil por la inestabilidad política y económica que vive el país; sin embargo, un cambio pequeño en la magnitud de este parámetro modifica la decisión de inversión, así la decisión es dependiente altamente de este parámetro. Por ello, es necesario seleccionar un valor de t que mejor minimice la incertidumbre en el momento de la toma de la decisión. Por ello, seleccionamos el valor de t mediante el método no probabilístico *"Análisis de Equilibrio"*.

En nuestro caso, el punto de equilibrio está determinado por el valor de t que hace que el Requerimiento de Ingreso Nivelado $\underline{\mathbf{RI}}(K_a)$ es igual a los ingresos anuales. Para hacer una selección menos incierta y representativa, se estudian cuatro casos que corresponden a valores diferentes de t, valores que son asignados en función del punto de equilibrio:

- **Caso A**: para un t igual a cero por ciento (0 %), donde este valor representa una ***alternativa optimista***, por ser este el valor que proporciona el máximo rendimiento posible para los inversionistas; sin embargo, este valor puede ser obtenido bajo un consentimiento especial del estado, situación que no ocurre frecuentemente por ello hablamos de una *alternativa optimista*.

- **Caso B**: para un t igual a cinco por ciento (5 %), donde este valor representa una alternativa más probable que la alternativa del caso A y los requerimientos de ingreso nivelado son menores a los ingresos anuales, siendo así una ***alternativa factible*** para los inversionistas.

- **Caso C**: para un t igual a ocho punto cinco por ciento (8.5 %), donde este valor representa una alternativa más probable que la alternativa del caso A y los requerimientos de ingreso nivelado son menores a los ingresos anuales, al igual que en el caso B sigue siendo una ***alternativa factible*** para los inversionistas.

- **Caso D**: para un t igual al doce punto cinco por ciento (12.5%), este valor representa la ***alternativa pesimista***. Para valores iguales y mayores a 12,5 % los requerimientos de ingreso nivelado son mayores a los ingresos anuales, en este caso se genera el peor resultado para los inversionista.

A continuación desarrollamos cada uno de los casos de estudio.

3.2.1 Desarrollo Caso A

Después de hacer un levantamiento de información, con la colaboración del personal administrativo y operacional de la empresa; y consultas de data estadística del Banco Central de Venezuela se obtuvo la data requerida para calcular la tabulación de los requerimientos de ingresos anuales. Esta información es:

Vida del proyecto, N *= 20 años*

Inversión de capital inicial, I *= 11.149.526.750,00 Bs.*

Valor de mercado, VM *= 0,00 Bs.*

Gastos anuales de O y M, C *= 22.790.005.300,00 Bs.*

Costo real (libre de inflación) del dinero tomado en préstamo, i_b *= 24,7 % anual*

Tasa real (libre de inflación) sobre el capital propio, e_a *= 13,5 % anual*

Razón de deuda, λ = 0.9

Tasa efectiva de impuesto a las utilidades, t = 0 %

Método de depreciación en libros = línea recta

Método de depreciación en SMRCA

Tasa de inflación anual promedio, f = 18 %

Antes de formular la tabla para el cálculo de los requerimientos mínimos de ingresos para cada año operativo, se deben ajustar las tasas de interés a la inflación del 18 %. Para ello se hace uso de las ecuaciones 3.3 y 3.4.

$$l'_b = (1 + 0{,}247) \cdot (1 + 0{,}18) - 1$$

$$\mathbf{l'_b = 0{,}47146}$$

$$e'_a = (1 + 0{,}135) \cdot (1 + 0{,}18) - 1$$

$$\mathbf{e'_a = 0{,}33930}$$

Posterior a los ajustes de las tasas de inflación es necesario ajustar el valor del costo del capital, aplicando la ecuación 3.8.

$$\mathbf{K'_a} = ((0{,}90 \cdot (1 - 0{,}00) \cdot 0{,}47146) + ((1 - 0{,}90) \cdot 0{,}33930))$$

$$\mathbf{K'_a = 0{,}45824}$$

Una vez ajustadas las tasas de interés podemos calcular los requerimientos mínimos. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.1 Cálculo de los Requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 0 %.

TABLA 3.1

Determinados los requerimientos mínimos de ingresos, se calcularon las dos variables financieras que indicarán la factibilidad desde el punto de vista económico el desarrollo del proyecto de repotenciación,

Así se calculó el valor presente de RI (VPRI(K´a) y posterior los requerimientos de ingresos nivelado RI(K´a), ambos como función K´a, mediante las ecuación 3.6 y 3.7. Obteniendo el siguiente resultado:

$$\underline{\mathbf{RI}}\ (\mathbf{K'_a}) = \mathbf{47.492.687.650{,}13\ Bs.}$$

Del levantamiento de información se conoce que los ingresos anuales esperados, considerando los efectos de la ejecución de los trabajos de repotenciación de las cinco unidades de generación van hacer:

$$\mathbf{Ingresos\ Anuales = 50.847.178.660{,}00\ Bs.}$$

4.2.2 Desarrollo Caso B

El caso B tiene un planteamiento similar al caso A. La diferencia radica en la tasa efectiva de impuesto a las utilidades (t) que tendrá un valor del 5 %, manteniéndose constante el resto de la información. Por tal motivo, solo se hace referencia a los cálculos que arrojan resultados diferentes.

El ajuste del valor del costo del capital, a un t igual del 5 % es:

$$\mathbf{K'_a} = ((0{,}90\ .\ (\ 1 - 0{,}05\ )\ .\ 0{,}47146\ ) + ((\ 1 - 0{,}90\ )\ .\ 0{,}33930))$$

$$\mathbf{K'_a = 0{,}43703}$$

Una vez ajustadas las tasas de interés podemos calcular las los

requerimientos mínimos, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.2. Cálculo de los Requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 5 %.

Determinados los requerimientos mínimos de ingresos, se calcularon las dos variables financieras que indicaran la factibilidad desde el punto de vista económico el desarrollo del proyecto de repotenciación,

Así se calculó el valor presente de RI ($VPRI(K'_a)$) y posterior los requerimientos de ingresos nivelado $\underline{RI}(K'_a)$, ambos como función K'_a, mediante las ecuación 3.6 y 3.7. Obteniendo el siguiente resultado:

$$\underline{RI}\,(K'_a) = 48.720.965.782{,}47 \text{ Bs.}$$

Comparando con el valor de los ingresos anuales esperados de 50.847.178.660,00 Bs. con el valor de los ingresos nivelados de 48.720.965.782,47 Bs. Podemos concluir que para un valor de t igual al 5 %, el proyecto esta cubriendo los requerimientos mínimos para la ejecución del estudio.

4.2.3 Desarrollo Caso C

El caso C tiene un planteamiento similar al caso A y B, la diferencia radica en la tasa efectiva de impuesto a las utilidades (t) que tendrá un valor del 8.5 %, manteniéndose constante el resto de la información.

Al igual que en el caso B solo se hace referencia a los cálculos que arrojan resultados diferentes a los casos A y B.

TABLA 3.2

El ajuste del valor del costo del capital, a un *t* igual del 8,5 % es:

$$K'_a = [(0{,}90 \,.\, (1 - 0{,}85) \,.\, 0{,}47146) + ((1 - 0{,}90) \,.\, 0{,}3390)]$$

$$K'_a = \mathbf{0.42218}$$

Una vez ajustadas las tasas de interés podemos calcular las los requerimientos mínimos, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.3. Calculo de los Requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 8,5 %.

Determinados los requerimientos mínimos de ingresos, se calcularon las dos variables financieras que indicaran la factibilidad desde el punto de vista económico el desarrollo del proyecto de repotenciación,

Así se calculó el valor presente de RI ($VPRI(K'_a)$ y posterior los requerimientos de ingresos nivelado $\underline{RI}(K'_a)$, ambos como función K'_a, mediante las ecuaciónes 3.6 y 3.7. Obteniendo el siguiente resultado:

$$\underline{RI}\,(K'_a) = 49{,}672{,}422{,}270.91 \quad \text{Bs.}$$

Comparando el valor de los ingresos anuales esperados de 50.847.178.660,00 Bs. con los ingresos nivelados de 49,672,422,270.91 Bs. Podemos concluir que para un valor de t igual al 8.5 %, el proyecto esta cubriendo los requerimientos mínimos para la ejecución del estudio.

tabla 3.3

4.2.4 Desarrollo Caso D

El caso C tiene un planteamiento similar al caso A, B y C. La diferencia radica en la tasa efectiva de impuesto a las utilidades (t) que tendrá un valor del 12.5 %, manteniéndose constante el resto de la información. Este valor fue utilizado, en vista que para valores mayores al presente, el proyecto obtendría ingresos que no cubrirían los ingresos mínimos.

Al igual que en el caso B y C solo se hace referencia a los cálculos que arrojan resultados diferentes, a los casos de estudio A , B y C.

El ajuste del valor del costo del capital, a un t igual del 8,5 % es:

$$\mathbf{K'_a} = ((0{,}90 \,.\, (1 - 0{,}125) \,.\, 0{,}47146) + ((1 - 0{,}90) \,.\, 0{,}339$$

$$\mathbf{K'_a = 0{,}40520}$$

Una vez ajustadas las tasas de interés podemos calcular los requerimientos mínimos, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.4. Cálculo de los Requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 12,5 %.

Determinados los requerimientos mínimos de ingresos, se calcularon las dos variables financieras que indicaran la factibilidad desde el punto de vista económico el desarrollo del proyecto de repotenciación,

Así se calculó el valor presente de RI ($VPRI(K'_a)$) y posterior los requerimientos de ingresos nivelado $\underline{RI}(K'_a)$, ambos como función K'_a, mediante las ecuaciones 3.6 y 3.7. Obteniendo el siguiente resultado:

TABLA 3.4

$$\underline{RI}\,(K'_a) = 50.865.171.776{,}43 \text{ Bs.}$$

Comparando con el valor de los ingresos anuales esperados de 50.847.178.660,00 Bs. con el valor de los ingresos nivelados de 50.865.171.776,43 Bs. Podemos concluir que para un valor de t igual al 12,5 %, el proyecto no cubre los requerimientos mínimos para la ejecución del estudio.

4.2.4 Comparación casos de estudios

Una vez desarrollados los casos A, B C y D, construimos la tabla 3.5, Comparación de los casos de estudio A, B C y D. Con el objetivo de ponderar el impacto financiero que tiene en el proyecto la variación en la tasa efectiva de impuesto a las utilidades (*t*).

En las primeras tres columnas de la tabla 3.5 se muestran los factores, más representativos, que se mantienen constantes, como son: I'_b, e'_a y f, en las dos columnas siguientes se muestran los factores que cambian para cada uno de los casos de estudio, como son: t y K'_a. En la séptima columna se muestran los valores de los requerimientos de ingresos nivelado $\underline{RI}(K'_a)$ obtenidos, y finalmente en las últimas columnas se muestra la diferencia numérica y porcentual entre los requerimientos de ingresos nivelado y los ingresos anuales que se estiman percibir.

Analizando los cálculos realizados podemos inferir que existe un límite permisible del factor t para el desarrollo del proyecto desde el punto de vista del rendimiento financiero, el cual está aproximado a un t = 12,5 %; es decir, para valores mayores de 12.5 % es proyecto no es factible desde el punto de vista financiero.

TABLA 3.5

4.3 Análisis de Riesgo

En la toma de decisión para la puesta en marcha de un proyecto siempre está presente un riesgo e incertidumbre, la cual debe ser evaluada. El presente proyecto no esta excepto de esta realidad, por este motivo se evalúa el riesgo e incertidumbre para así establecer límites de error en nuestras estimaciones de modo que se seleccione la mejor opción, de manera que la decisión recomendada sea de bajo riego.

En este proyecto se aplicaron conceptos de estadística y probabilidad para evaluar el riesgo e incertidumbre que existe en la inversión de capital para realizar los trabajos de repotenciación, en cada uno de los cuatro casos de estudios presentados (Casos Estudio A, B, C y D).

Básicamente, calculamos el valor esperado y varianza del valor presente del flujo de efectivo proyecto, para así determina, la probabilidad de ocurrencia de la alternativa más factible financieramente. Los cálculos se muestran en la Tabla 4.1 Análisis probabilístico de riesgo.

Las primeras columnas contienen los factores constantes y variables con los cuales se determinaran los cálculos estadísticos. Es importante destacar que, la columna quinta muestra el valor presente del flujo de efectivo proyecto, variable financiera sobre la cual se trabajará estadísticamente para la evaluación del riesgo e incertidumbre. En la columna sexta se estima la probabilidad de ocurrencia para cada caso de estudio. En la columna séptima se calcula el valor esperado del VP de flujo de efectivo proyecto, totalizando el resultado para cada caso, donde el resultado es:

$$\sum(E(VP)) = 1{,}378{,}202{,}989.98 \text{ Bs.}$$

Tabla 4.1

Con la Información de la tabla 4.1 (sumatoria de las columnas novena y séptima), calculamos la varianza del VP del flujo de efectivo proyecto.

$$[V(VP)] = | [p(i) * [E(VP)]^2] - [E(VP)]^2 |$$

$$[V(VP)] = | 2.83561E+17 - (1,378,202,989.98)^2 |$$

$$[V(VP)] = 1.62E+18 \text{ Bs.}$$

La desviación estándar [SD[V(VP)]] es igual a la raíz cuadrada positiva de la varianza, así:

$$[SD[V(VP)]] = [V(VP)]^{1/2}$$

$$[SD[V(VP)]] = (1.62E+18)^{1/2}$$

$$[SD[V(VP)]] = 1,271,173,653.22 \text{ Bs.}$$

Con el valor obtenido de la desviación estándar se compara con los valores de la columna 5 (VP del flujo de efectivo proyecto), donde se determina que el valor 1,271,173,653.22 Bs. se aproxima al valor de 1,174,756,389.09 Bs. (caso estudio C, con t = 8.5 %). Así se determina que el caso C es el que debe ser seleccionado.

La probabilidad de que ocurra el caso C [Pc(V(VP))], con una inversión de 50,847,178,660.00 Bs. y con unos requerimientos mínimos de ingresos de 49,672,422,270.91 Bs., es la siguiente:

$$Pc(V(VP)) = 1 - [(0.4 * 0.8) + (0.35 * 0.20)] = 0.615$$

Según el resultado del análisis de riesgo realizado, se recomienda el desarrollo del proyecto bajo las condiciones del caso de estudio C, con un factor t igual al 8.5 %, con una probabilidad de ocurrencia del 61.5 %.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

A pesar que el estudio de mercado no se realizó en este Trabajo Especial de Grado, la empresa suministró suficiente información sobre la existencia de una demanda insatisfecha del servicio eléctrico y que está seriamente amenazada por fenómenos de diferente índole (naturales, políticos y económicos). Por lo tanto, en la actualidad, el sector eléctrico en Venezuela, se encuentra confrontando una crisis, que ha causado que en diferentes puntos del territorio venezolano exista racionamiento del servicio eléctrico y la tendencia es que la crisis se agudice para los próximos años.

Frente a la realidad que vive el sector eléctrico venezolano, tanto el sector privado como el público deben optimizar sus procesos productivos a corto plazo, para así solventar la crisis existente y minimizar el impacto a futuro. En este sentido la realización del proyecto tendría un impacto social importante, que favorece el desarrollo de un país.

Desde el punto de vista técnico las unidades 501D5 Siemens Westinghouse resultaron factibles para ser repotenciadas, obteniendo un incremento de la producción de energía en un 3.5 % y un incremento de la eficiencia en un rango del 2 %, disminución del consumo de combustible. En este sentido, es importante destacar, que a pesar que no fue realizado un análisis de riego e incertidumbre en cuanto a la vida útil y operatividad de los equipos repotenciados; sin embargo, fue evaluado el historial del la empresa Siemens Westinghouse en la realización de trabajos similares a los que se van a realizar en este proyecto. Donde se determinó que un 99 % de los casos los trabajos garantizados por la empresa fueron logrados satisfactoriamente.

Desde un punto de vista económico-financiero se puede concluir que el

proyecto podría resultar rentable, siempre y cuando se logre negociar con los entes gubernamentales una tasa efectiva de impuestos a las utilidades (t) aceptable, que permita la obtención de una ganancia mínima para los inversionistas. Como resultado del estudio financiero, se determinó que para valores de t superior al 12.5 %, el proyecto no es financieramente rentable, por tal motivo debemos trabajar con los entes gubernamentales en este sentido.

Evaluado el riesgo e incertidumbre de diferentes alternativas para el desarrollo del proyecto, podemos concluir que se debe plantear la ejecución del estudio con una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de aproximadamente un 8,5%, por ser esta la tasa como mayor probabilidad de ocurrencia y con menor riesgo.

En este tipo de proyecto, el proceso de incremento de las tarifas del servicio de energía eléctrica debe estar presente. Esta situación fue evaluada, con la realidad de los últimos años, la situación en este sentido es que los entes gubernamentales han autorizado el incremento de las tarifas, dos veces al año, según incremento del costo de la vida. Teniendo la experiencia, en esta empresas privada, que los aumentos presentados se han visto favorecidos cuando se han desarrollado proyectos, en pro del aumento de la producción total. Esta situación fortalece, la confianza de los inversionistas para el desarrollo del proyecto.

5.2.1 Recomendaciones

Los trabajos de repotenciación deben ser ejecutados por la misma casa matriz, Siemens Westinghouse, existen varias razones, entre las que podemos citar: ofrecen una garantía operativa total del sistema y sincronización de todos los componentes de la turbina una vez realizados los trabajos, disponen de un centro de investigación que está continuamente estudiando las alternativas para mejorar la operatividad de sus equipos,

disponen de personal técnico especializado y alta experiencia.

Previo a la iniciación del proyecto, el mismo debe ser presentado al Ministerio de Energía y Minas, en vista que este es el ente gubernamental que regula y dicta las normativas en relación al desarrollo de este tipo de proyectos. Como también serán ellos los que establecerán las condiciones particulares en relación a la fijación de las variables económica que influyen en el estudio. En este sentido el proyecto debe ser negociado con bases financieras y sociales sólidas.

Es importante tener presente que la situación política del país, genera realidades futuras desconocidas cuyas probabilidades de ocurrencia no pueden estimarse. Situación que debe tener presente cualquier inversionista que va hacer inversión en el país, realidad que no debe ser desconocida en la toma de decisión para el desarrollo del proyecto.

5 BIBLIOGRAFÍA

- Ahuja, H. Y Walsh M (1995). *Ingeniería de Costos y Administración de Proyectos*. Bogota: Alfaomega.
- Baca, G. (2001). *Evaluación de Proyectos.* (Cuarta Edición). México: McGraw-Hill/Interamericana.
- Balestrini, M. (2001). *Cómo se Elabora el Proyecto de Investigación*. (Quinta Edición). Caracas: BL Consultores Asociados.
- Blanco, A. (2003). *Formulación y Evaluación de Proyectos.* (Tercera Edición). Caracas: Tropykos.
- Clark, F. Y Lorenzoni A. (1997). *Applied Cost Engineering*. (Tercera Edición). New Cork: Marcel Dekker.
- Construction Industry Institute. (2003). *Strategic Plan*. Austin: The University of Texas.
- Construction Industry Institute (1995*). Pre-Project Planning Handbook*. Austin: The University of Texas.
- DeGarmo. P., Sullivan, W., Bontadelli J. y Wicks E. (1999). *Ingeniería Económica*. (Décima Edición). México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- FONDONORMA, (2000). *Compendio de Normas COVENIN – ISO 9000 – 2000*. Caracas.
- Francés, A. (2001). *Estrategia para la Empresa en América Latina*. (Primera Edición). Caracas: Ediciones IESA.
- Sapag, N. y R. (2000). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. (Cuarta Edición). Chile: McGraw-Hill/Interamericana.
- Siemens Westinghouse (1995). *Manuales Operativos de las Unidades I, II, III, IV y V Siemens W-501D-5.* Orlando: Nowak , M.
- Palacios, L. (2000). *Principios esenciales para realizar proyectos*. *Un enfoque latino (*Segunda Edición). Caracas: Publicaciones Universidad Católica Andrés Bello.
- Project Management Institute (2000). Una Guía a los Fundamentos de la Dirección de Proyectos. Buenos Aires: PMI Buenos Aires.

- Randolph, W. y Posner, B. (1999). *Gerencia de Proyectos. Cómo dirigir exitosamente equipos de trabajo* (Segunda Edición). Bogota: McGraw-Hill/Interamericana.
- Riggs, J. (2001). *Sistemas de Producción. Planeación, Análisis y Control*. (Tercera Edición). México: Limusa.
- Universidad Católica Andrés Bello, (2004). *Guía de Trabajo, Asignatura: Gerencia de Proyectos Tecnológicos. Postgrado en Gerencia de Proyectos.* Caracas: Velazco, J.
- Universidad Central de Venezuela, (2001). *Normas de la American Psychological Asociation para las Citas y Referencias Bibliográficas.* Caracas: Sojo V.
- CAVEINEL – Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica. Estadísticas. Consultado en febrero 5-2004 en http://www.caveinel.org.ve/
- OPSIS – Oficina de Operaciones de Sistema Interconectado Venezuela. **Estadísticas.** Consultado en febrero 5-2004 en http://www.opsis.org.ve/
- Manuales Corporativos de la Empresa (2001).

ANEXOS

CASO ESTUDIO A

Datos:

Vida del proyecto, N = 20 años	N =	20
Inversión de capital inicial, I = 11.149.526.750,00 Bs.	I =	11.149.526.750
Valor de mercado, VM = 0,00 Bs.	VM =	0
Gastos anuales de Oy M, C = 22.790.005.300,00 Bs.	C =	22.790.005.300
Costo real (libre de inflación) del dinero tomado en préstamo, i_b = 24,7 % anual	i_b =	0,2470
Tasa real (libre de inflación) sobre el capital propio, e_a = 13,5 % anual	e_a =	0,1350
Razón de deuda, λ = 90 %	λ =	0,9000
Tasa efectiva de impuesto a las utilidades, t = 0 %	t =	0,0000
Método de depreciación en libros = línea recta	f =	0,1800
Método de depreciación en SMRCA		
Tasa de inflación anual promedio, f = 18 %		

Como el costo del capital para la empresa de servicios públicos aumenta al 18 % anual, se deben usar tasas de interés ajustadas a la inflación.

CALCULOS:

$$i'_b = (1 + i_b) \cdot (1 + f) - 1$$

$$i'_b = (1 + 0{,}247) \cdot (1 + 0{,}18) - 1$$

$$\boldsymbol{i'_b = 0{,}47146}$$

$$e'_a = (1 + e_a) \cdot (1 + f) - 1$$

$$e'_a = (1 + 0{,}135) \cdot (1 + 0{,}18) - 1$$

$$\boldsymbol{e'_a = 0{,}33930}$$

El valor del costo del capital después de impuestos ajustado a la inflación de la empresa es:

$$K'_a = \lambda(1 - t)i'_b + (1 - \lambda)e'_a$$

$$K'_a = ((0{,}90 \cdot (1 - 0{,}00) \cdot 0{,}47146) + ((1 - 0{,}90) \cdot 0{,}33930))$$

$$\boldsymbol{K'_a = 0{,}45824}$$

TABLA 3.1 Cálculo de los requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 0 %.

Año k	(1) Inversión no recuperada, UI_k	(2) Deprecia-ción libros D_{Bk}	(3) Deprecia-ción de impuestos D_{Tk}	(4) Rendimiento de la deuda, $\lambda\, i'_b UI_k$	(5) Rendimiento del capital propio, $(1-\lambda)e'_a UI_k$	(6) Impuestos a las utilidades T_k	(7) Gastos anuales C_k	(8) RI_k=Cols 2+4+5+6+7	(9) VPRI(K'a)
1	11.149.526.750	557.476.338	418.107.253	4.730.900.293	378.303.443	0	22.790.005.300	28.456.685.374	19.514.351.078
2	10.592.050.413	557.476.338	804.995.831	4.494.355.279	359.388.270	0	31.732.803.380	37.144.023.266	17.467.411.290
3	10.034.574.075	557.476.338	744.788.387	4.257.810.264	340.473.098	0	37.444.707.988	42.600.467.688	13.738.008.238
4	9.477.097.738	557.476.338	689.040.753	4.021.265.249	321.557.926	0	44.184.755.426	49.085.054.939	10.854.966.530
5	8.919.621.400	557.476.338	636.637.977	3.784.720.235	302.642.754	0	52.138.011.403	56.782.850.729	8.611.250.067
6	8.362.145.063	557.476.338	588.695.012	3.548.175.220	283.727.582	0	61.522.853.455	65.912.232.595	6.854.642.878
7	7.804.668.725	557.476.338	545.211.858	3.311.630.205	264.812.410	0	72.596.967.077	76.730.886.030	5.472.160.487
8	7.247.192.388	557.476.338	503.958.609	3.075.085.191	245.897.238	0	85.664.421.151	89.542.879.917	4.379.146.484
9	6.689.716.050	557.476.338	498.383.846	2.838.540.176	226.982.066	0	101.084.016.958	104.707.015.537	3.511.591.567
10	6.132.239.713	557.476.338	498.383.846	2.601.995.161	208.066.893	0	119.279.140.010	122.646.678.403	2.820.679.934
11	5.574.763.375	557.476.338	497.268.893	2.365.450.147	189.151.721	0	140.749.385.212	143.861.463.418	2.268.884.007
12	5.017.287.038	557.476.338	497.268.893	2.128.905.132	170.236.549	0	166.084.274.550	168.940.892.569	1.827.142.444
13	4.459.810.700	557.476.338	497.268.893	1.892.360.117	151.321.377	0	195.979.443.970	198.580.601.801	1.472.801.596
14	3.902.334.363	557.476.338	497.268.893	1.655.815.103	132.406.205	0	231.255.743.884	233.601.441.529	1.188.099.311
15	3.344.858.025	557.476.338	497.268.893	1.419.270.088	113.491.033	0	272.881.777.783	274.972.015.242	959.037.356
16	2.787.381.688	557.476.338	497.268.893	1.182.725.073	94.575.861	0	322.000.497.784	323.835.275.056	774.534.885
17	2.229.905.350	557.476.338	497.268.893	946.180.059	75.660.689	0	379.960.587.385	381.539.904.470	625.787.087
18	1.672.429.013	557.476.338	497.268.893	709.635.044	56.745.516	0	448.353.493.115	449.677.350.013	505.775.101
19	1.114.952.675	557.476.338	497.268.893	473.090.029	37.830.344	0	529.057.121.875	530.125.518.586,5	408.888.546
20	557.476.338	557.476.338	248.634.447	236.545.015	18.915.172	0	624.287.403.813	625.100.340.337	330.632.676
			10.652.257.857						**103.585.791.561**

NOTA: Ver en anexos estructura del valor de los costos de operación y mantenimiento (O y M) - Gastos Anuales

(P/F, K'a,N) = $(1+K'a)^{-N}$

$((0.458244 \cdot (1+0.458244)^{20}) / ((0.458244+1)^{20} - 1) =$ 0,45849

RI (K'a) = 131.296.016.405,00 . ((0.458244 . (1+0.458244)20) / ((0.458244+1)20 -1)

RI (K'a) = 131.296.016.405,00 . 0.45849

RI (K'a) = 47.492.687.650,13

Ingresos = 50.847.178.660,00

$$\mathbf{VPRI}(K'_a) = \sum RI_k \cdot (P / F, K'_a\ \%, k)$$

VPRI(Ka) =

$$\underline{\mathbf{RI}}\ (K'_a) = VPRI(K'_a) \cdot (A / P, K'_a\ \%, N)$$

$$\underline{\mathbf{RI}}(K'_a) = \mathbf{47.492.687.650{,}13}$$

CASO ESTUDIO B

Datos:

Vida del proyecto, N = 20 años	N =	20
Inversión de capital inicial, I = 11.149.526.750,00 Bs.	I =	11.149.526.750
Valor de mercado, VM = 0,00 Bs.	VM =	0
Gastos anuales de Oy M, C = 22.790.005.300,00 Bs.	C =	22.790.005.300
Costo real (libre de inflación) del dinero tomado en préstamo, i_b = 24,7 % anual	i_b =	0,2470
Tasa real (libre de inflación) sobre el capital propio, e_a = 13,5 % anual	e_a =	0,1350
Razón de deuda, λ = 90 %	λ =	0,9000
Tasa efectiva de impuesto a las utilidades, t = 5 %	t =	0,0500
Método de depreciación en libros = línea recta	f =	0,1800
Método de depreciación en SMRCA		
Tasa de inflación anual promedio, f = 18 %		

Como el costo del capital para la empresa de servicios públicos aumenta al 18 % anual, se deben usar tasas de interés ajustadas a la inflación.

CALCULOS:

$$i'_b = (1 + i_b) \cdot (1 + f) - 1$$

$$i'_b = (1 + 0{,}247) \cdot (1 + 0{,}18) - 1$$

$$\mathbf{i'_b = 0{,}47146}$$

$$e'_a = (1 + e_a) \cdot (1 + f) - 1$$

$$e'_a = (1 + 0{,}135) \cdot (1 + 0{,}18) - 1$$

$$\mathbf{e'_a = 0{,}33930}$$

El valor del costo del capital después de impuestos ajustado a la inflación de la empresa es:

$$K'_a = \lambda(1 - t)i'_b + (1 - \lambda)e'_a$$

$$K'_a = ((0{,}90 \cdot (1 - 0{,}05) \cdot 0{,}47146) + ((1 - 0{,}90) \cdot 0{,}33930))$$

$$\mathbf{K'_a = 0{,}43703}$$

TABLA 3.2 Cálculo de los requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 5 %.

Año k	(1) Inversión no recuperada, UI_k	(2) Deprecia-ción libros D_{Bk}	(3) Deprecia-ción de impuestos D_{Tk}	(4) Rendimiento de la deuda, $\lambda\, i'_b\, UI_k$	(5) Rendimiento del capital propio, $(1-\lambda)e'_a UI_k$	(6) Impuestos a las utilidades T_k	(7) Gastos anuales C_k	(8) RI_k=Cols 2+4+5+6+7	(9) VPRI(K'a)
1	11.149.526.750	557.476.338	418.107.253	4.730.900.293	378.303.443	27.245.922	22.790.005.300	28.483.931.296	19.821.412.909
2	10.592.050.413	557.476.338	804.995.831	4.494.355.279	359.388.270	5.887.830	31.732.803.380	37.149.911.097	17.989.833.210
3	10.034.574.075	557.476.338	744.788.387	4.257.810.264	340.473.098	8.061.108	37.444.707.988	42.608.528.796	14.358.219.097
4	9.477.097.738	557.476.338	689.040.753	4.021.265.249	321.557.926	9.999.658	44.184.755.426	49.095.054.597	11.512.680.797
5	8.919.621.400	557.476.338	636.637.977	3.784.720.235	302.642.754	11.762.164	52.138.011.403	56.794.612.893	9.267.882.924
6	8.362.145.063	557.476.338	588.695.012	3.548.175.220	283.727.582	13.289.942	61.522.853.455	65.925.522.537	7.486.203.957
7	7.804.668.725	557.476.338	545.211.858	3.311.630.205	264.812.410	14.582.994	72.596.967.077	76.745.469.024	6.064.506.947
8	7.247.192.388	557.476.338	503.958.609	3.075.085.191	245.897.238	15.758.682	85.664.421.151	89.558.638.599	4.924.758.239
9	6.689.716.050	557.476.338	498.383.846	2.838.540.176	226.982.066	15.056.556	101.084.016.958	104.722.072.093	4.007.285.991
10	6.132.239.713	557.476.338	498.383.846	2.601.995.161	208.066.893	14.061.020	119.279.140.010	122.660.739.423	3.266.272.157
11	5.574.763.375	557.476.338	497.268.893	2.365.450.147	189.151.721	13.124.167	140.749.385.212	143.874.587.584	2.666.033.248
12	5.017.287.038	557.476.338	497.268.893	2.128.905.132	170.236.549	12.128.631	166.084.274.550	168.953.021.200	2.178.623.133
13	4.459.810.700	557.476.338	497.268.893	1.892.360.117	151.321.377	11.133.096	195.979.443.970	198.591.734.897	1.782.017.634
14	3.902.334.363	557.476.338	497.268.893	1.655.815.103	132.406.205	10.137.560	231.255.743.884	233.611.579.090	1.458.746.650
15	3.344.858.025	557.476.338	497.268.893	1.419.270.088	113.491.033	9.142.025	272.881.777.783	274.981.157.267	1.194.876.778
16	2.787.381.688	557.476.338	497.268.893	1.182.725.073	94.575.861	8.146.490	322.000.497.784	323.843.421.545	979.241.801
17	2.229.905.350	557.476.338	497.268.893	946.180.059	75.660.689	7.150.954	379.960.587.385	381.547.055.424	802.855.986
18	1.672.429.013	557.476.338	497.268.893	709.635.044	56.745.516	6.155.419	448.353.493.115	449.683.505.432	658.462.703
19	1.114.952.675	557.476.338	497.268.893	473.090.029	37.830.344	5.159.884	529.057.121.875	530.130.678.470	540.184.153
20	557.476.338	557.476.338	248.634.447	236.545.015	18.915.172	17.250.372	624.287.403.813	625.117.590.709	443.256.692
			10.652.257.857						**111.403.355.004**

NOTA: Ver en anexos estructura del valor de los costos de operación y mantenimiento (O y M) - Gastos Anuales

(P/F, K'a,N) = $(1+K'a)^{-N}$

$((0{,}41535 \cdot (1+0{,}41535)^{20}) / ((0{,}41535+1)^{20} - 1) =$ 0,43734

RI (K'a) = $142.593.198.856{,}00 \cdot ((0{,}42052 \cdot (1+0{,}42052)^{20}) / ((0{,}42052+1)^{20} - 1)$

RI (K'a) = 142.593.198.856,00 . 0,41575

RI (K'a) = 48.720.965.782,47

Ingresos = 50.847.178.660,00

$$\underline{\mathbf{RI}}\,(K'_a) = \mathrm{VPRI}(K'_a) \cdot (A/P, K'_a\,\%, N)$$

$$\underline{\mathbf{RI}}(K'_a) = \mathbf{48.720.965.782{,}47}$$

CASO ESTUDIO C

Datos:

Vida del proyecto, N = 20 años	N =	20
Inversión de capital inicial, I = 11.149.526.750,00 Bs.	I =	11.149.526.750
Valor de mercado, VM = 0,00 Bs.	VM =	0
Gastos anuales de Oy M, C = 22.790.005.300,00 Bs.	C =	22.790.005.300
Costo real (libre de inflación) del dinero tomado en préstamo, i_b = 24,7 % anual	i_b =	0,2470
Tasa real (libre de inflación) sobre el capital propio, e_a = 13,5 % anual	e_a =	0,1350
Razón de deuda, λ = 90 %	λ =	0,9000
Tasa efectiva de impuesto a las utilidades, t = 8.5 %	t =	0,0850
Método de depreciación en libros = línea recta	f =	0,1800
Método de depreciación en SMRCA		
Tasa de inflación anual promedio, f = 18 %		

Como el costo del capital para la empresa de servicios públicos aumenta al 18 % anual, se deben usar tasas de interés ajustadas a la inflación.

CALCULOS:

$$i'_b = (1 + i_b) \cdot (1 + f) - 1$$

$$i'_b = (1 + 0{,}185) \cdot (1 + 0{,}2192) - 1$$

$$\mathbf{i'_b = 0{,}47146}$$

$$e'_a = (1 + e_a) \cdot (1 + f) - 1$$

$$e'_a = (1 + 0{,}1080) \cdot (1 + 0{,}2192) - 1$$

$$\mathbf{e'_a = 0{,}33930}$$

El valor del costo del capital después de impuestos ajustado a la inflación de la empresa es:

$$K'_a = \lambda(1 - t)i'_b + (1 - \lambda)e'_a$$

$$K'_a = 0{,}42218$$

TABLA 3.3 Cálculo de los requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 8.5 %.

Año k	(1) Inversión no recuperada, UI_k	(2) Deprecia-ción libros D_{Bk}	(3) Deprecia-ción de impuestos D_{Tk}	(4) Rendimiento de la deuda, $\lambda\, i'_b\, UI_k$	(5) Rendimiento del capital propio, $(1-\lambda)e'_a UI_k$	(6) Impuestos a las utilidades T_k	(7) Gastos anuales C_k	(8) RI_k=Cols 2+4+5+6+7	(9) VPRI(K'a)
1	11.149.526.750	557.476.338	418.107.253	4.730.900.293	378.303.443	48.089.798	22.790.005.300	28.504.775.171	20.043.052.980
2	10.592.050.413	557.476.338	804.995.831	4.494.355.279	359.388.270	10.392.181	31.732.803.380	37.154.415.448	18.369.737.147
3	10.034.574.075	557.476.338	744.788.387	4.257.810.264	340.473.098	14.228.076	37.444.707.988	42.614.695.764	14.814.880.609
4	9.477.097.738	557.476.338	689.040.753	4.021.265.249	321.557.926	17.649.670	44.184.755.426	49.102.704.609	12.003.017.305
5	8.919.621.400	557.476.338	636.637.977	3.784.720.235	302.642.754	20.760.541	52.138.011.403	56.803.611.270	9.763.537.968
6	8.362.145.063	557.476.338	588.695.012	3.548.175.220	283.727.582	23.457.112	61.522.853.455	65.935.689.706	7.968.894.563
7	7.804.668.725	557.476.338	545.211.858	3.311.630.205	264.812.410	25.739.383	72.596.967.077	76.756.625.413	6.522.883.991
8	7.247.192.388	557.476.338	503.958.609	3.075.085.191	245.897.238	27.814.505	85.664.421.151	89.570.694.422	5.352.244.908
9	6.689.716.050	557.476.338	498.383.846	2.838.540.176	226.982.066	26.575.232	101.084.016.958	104.733.590.769	4.400.502.626
10	6.132.239.713	557.476.338	498.383.846	2.601.995.161	208.066.893	24.818.085	119.279.140.010	122.671.496.488	3.624.150.371
11	5.574.763.375	557.476.338	497.268.893	2.365.450.147	189.151.721	23.164.513	140.749.385.212	143.884.627.930	2.988.981.301
12	5.017.287.038	557.476.338	497.268.893	2.128.905.132	170.236.549	21.407.366	166.084.274.550	168.962.299.935	2.467.998.362
13	4.459.810.700	557.476.338	497.268.893	1.892.360.117	151.321.377	19.650.218	195.979.443.970	198.600.252.020	2.039.769.551
14	3.902.334.363	557.476.338	497.268.893	1.655.815.103	132.406.205	17.893.071	231.255.743.884	233.619.334.600	1.687.160.295
15	3.344.858.025	557.476.338	497.268.893	1.419.270.088	113.491.033	16.135.924	272.881.777.783	274.988.151.166	1.396.393.438
16	2.787.381.688	557.476.338	497.268.893	1.182.725.073	94.575.861	14.378.777	322.000.497.784	323.849.653.833	1.156.334.571
17	2.229.905.350	557.476.338	497.268.893	946.180.059	75.660.689	12.621.630	379.960.587.385	381.552.526.100	957.945.189
18	1.672.429.013	557.476.338	497.268.893	709.635.044	56.745.516	10.864.483	448.353.493.115	449.688.214.495	793.860.307
19	1.114.952.675	557.476.338	497.268.893	473.090.029	37.830.344	9.107.336	529.057.121.875	530.134.625.922	658.059.265
20	557.476.338	557.476.338	248.634.447	236.545.015	18.915.172	30.447.377	624.287.403.813	625.130.787.715	545.627.159
			10.652.257.857						**117.555.031.906**

NOTA: Ver en anexos estructura del valor de los costos de operación y mantenimiento (O y M) - Gastos Anuales

(P/F, K'a,N) = $(1+K'a)^{-N}$

$((0.42218 \cdot (1+0.42218)^{20}) / ((0.42218 +1)^{20} -1) =$ 0,42255

RI (K'a) = 142.593.198.856,00 . ((0.42218 . (1+0.42218)20) / ((0.42218 +1)20 -1)

RI (K'a) = 142.593.198.856,00 . 0,42255

RI (K'a) =	**49.672.422.270,91**	49.672.422.270,91

Ingresos =	**50.847.178.660,00**

RI (K'_a) = VPRI(K'_a) . (A / P, K'_a %, N)

RI (K'a) = 49.672.422.270,91

CASO ESTUDIO D

Datos:

Vida del proyecto, N = 20 años	N =	20
Inversión de capital inicial, I = 11.149.526.750,00 Bs.	I =	11.149.526.750
Valor de mercado, VM = 0,00 Bs.	VM =	0
Gastos anuales de Oy M, C = 22.790.005.300,00 Bs.	C =	22.790.005.300
Costo real (libre de inflación) del dinero tomado en préstamo, i_b = 24,7 % anual	i_b =	0,2470
Tasa real (libre de inflación) sobre el capital propio e_a = 13,5 % anual	e_a =	0,1350
Razón de deuda, λ = 90 %	λ =	0,9000
Tasa efectiva de impuesto a las utilidades, t = 12.5 %	t =	0,1250
Método de depreciación en libros = línea recta	f =	0,1800
Método de depreciación en SMRCA		
Tasa de inflación anual promedio, f = 18 %		

Como el costo del capital para la empresa de servicios públicos aumenta al 18 % anual, se deben usar tasas de interés ajustadas a la inflación.

CALCULOS:

$$i'_b = (1 + i_b) \,.\, (1 + f) - 1$$

$$i'_b = (1 + 0{,}185) \,.\, (1 + 0{,}2192) - 1$$

$$\boldsymbol{i'_b = 0{,}47146}$$

$$e'_a = (1 + e_a) \,.\, (1 + f) - 1$$

$$e'_a = (1 + 0{,}1080) \,.\, (1 + 0{,}2192) - 1$$

$$\boldsymbol{e'_a = 0{,}33930}$$

El valor del costo del capital después de impuestos ajustado a la inflación de la empresa es:

$$K'_a = \lambda(1 - t)i'_b + (1 - \lambda)e'_a$$

$$K'_a = ((0{,}90 \,.\, (1 - 0{,}125) \,.\, 0{,}47146) + ((1 - 0{,}90) \,.\, 0{,}33930))$$

$$\boldsymbol{K'_a = 0{,}40520}$$

TABLA 3.4 Cálculo de los requerimientos mínimos de ingresos para una tasa efectiva de impuesto a las utilidades de 12.5 %.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Año k	Inversión no recuperada, UI_k	Deprecia-ción libros $D_{B\,k}$	Deprecia-ción de impuestos D_{Tk}	Rendimiento de la deuda, $\lambda\, i'_b\, UI_k$	Rendimiento del capital propio, $(1-\lambda)e'_a UI_k$	Impuestos a las utilidades T_k	Gastos anuales C_k	RI_k=Cols 2+4+5+6+7	VPRI(K'a)
1	11.149.526.750	557.476.338	418.107.253	4.730.900.293	378.303.443	73.953.218	22.790.005.300	28.530.638.592	20.303.545.509
2	10.592.050.413	557.476.338	804.995.831	4.494.355.279	359.388.270	15.981.254	31.732.803.380	37.160.004.520	18.818.999.895
3	10.034.574.075	557.476.338	744.788.387	4.257.810.264	340.473.098	21.880.150	37.444.707.988	42.622.347.838	15.360.966.482
4	9.477.097.738	557.476.338	689.040.753	4.021.265.249	321.557.926	27.141.930	44.184.755.426	49.112.196.869	12.595.949.901
5	8.919.621.400	557.476.338	636.637.977	3.784.720.235	302.642.754	31.925.873	52.138.011.403	56.814.776.602	10.369.629.928
6	8.362.145.063	557.476.338	588.695.012	3.548.175.220	283.727.582	36.072.701	61.522.853.455	65.948.305.296	8.565.761.634
7	7.804.668.725	557.476.338	545.211.858	3.311.630.205	264.812.410	39.582.413	72.596.967.077	76.770.468.442	7.096.054.240
8	7.247.192.388	557.476.338	503.958.609	3.075.085.191	245.897.238	42.773.567	85.664.421.151	89.585.653.483	5.892.798.523
9	6.689.716.050	557.476.338	498.383.846	2.838.540.176	226.982.066	40.867.794	101.084.016.958	104.747.883.331	4.903.303.474
10	6.132.239.713	557.476.338	498.383.846	2.601.995.161	208.066.893	38.165.626	119.279.140.010	122.684.844.029	4.086.907.643
11	5.574.763.375	557.476.338	497.268.893	2.365.450.147	189.151.721	35.622.738	140.749.385.212	143.897.086.156	3.411.271.603
12	5.017.287.038	557.476.338	497.268.893	2.128.905.132	170.236.549	32.920.571	166.084.274.550	168.973.813.140	2.850.651.289
13	4.459.810.700	557.476.338	497.268.893	1.892.360.117	151.321.377	30.218.403	195.979.443.970	198.610.820.205	2.384.448.714
14	3.902.334.363	557.476.338	497.268.893	1.655.815.103	132.406.205	27.516.236	231.255.743.884	233.628.957.765	1.996.053.343
15	3.344.858.025	557.476.338	497.268.893	1.419.270.088	113.491.033	24.814.068	272.881.777.783	274.996.829.310	1.671.989.513
16	2.787.381.688	557.476.338	497.268.893	1.182.725.073	94.575.861	22.111.901	322.000.497.784	323.857.386.956	1.401.264.310
17	2.229.905.350	557.476.338	497.268.893	946.180.059	75.660.689	19.409.733	379.960.587.385	381.559.314.203	1.174.866.996
18	1.672.429.013	557.476.338	497.268.893	709.635.044	56.745.516	16.707.566	448.353.493.115	449.694.057.578	985.380.999
19	1.114.952.675	557.476.338	497.268.893	473.090.029	37.830.344	14.005.398	529.057.121.875	530.139.523.985	826.680.340
20	557.476.338	557.476.338	248.634.447	236.545.015	18.915.172	46.822.438	624.287.403.813	625.147.162.775	693.729.370
			10.652.257.857						**125.390.253.706**

NOTA: Ver en anexos estructura del valor de los costos de operación y mantenimiento (O y M) - Gastos Anuales

(P/F, K'a,N) = $(1+K'a)^{-N}$

((0.4052 . $(1+0.4052)^{20}$) / (($(0.4052+1)^{20}$ -1) = 0,40565

RI (K'a) = 142.593.198.856,00 . ((0.4052 . (1+0.4052)20) / ((0.4052+1)20 -1)

RI (K'a) = 142.593.198.856,00 . 0,40565

RI (K'a) = 50.865.171.776,43

Ingresos = 50.847.178.660,00

$$\underline{\mathbf{RI}}\ (K'_a) = \text{VPRI}(K'_a)\ .\ (\text{A / P}, K'_a\ \%, \text{N})$$

RI (K´a) = 50.865.171.776,43

Tasas de recuperación del SDG (rk) para instalaciones de distribución de empresa eléctricas

Año	Periodo Recuperación 20 - años	Depreciación Impuestos
1	0,0375	418.107.253,13
2	0,0722	804.995.831,35
3	0,0668	744.788.386,90
4	0,0618	689.040.753,15
5	0,0571	636.637.977,43
6	0,0528	588.695.012,40
7	0,0489	545.211.858,08
8	0,0452	503.958.609,10
9	0,0447	498.383.845,73
10	0,0447	498.383.845,73
11	0,0446	497.268.893,05
12	0,0446	497.268.893,05
13	0,0446	497.268.893,05
14	0,0446	497.268.893,05
15	0,0446	497.268.893,05
16	0,0446	497.268.893,05
17	0,0446	497.268.893,05
18	0,0446	497.268.893,05
19	0,0446	497.268.893,05
20	0,0223	248.634.446,53
		10.652.257.856,95

TASAS DE RECUPERACIÓN DEL SDG PARA LAS SEIS CLASES DE BIENES MUEBLES

	Periodo de recuperación (y clase del bien)					
Año	**3-años**	**5-años**	**7-años**	**10-años**	**15-años**	**20-años**
1	0,3333	0,2000	0,1429	0,1000	0,0500	0,0375
2	0,4445	0,3200	0,2449	0,1800	0,0950	0,0722
3	0,1481	0,1920	0,1749	0,1440	0,0855	0,0668
4	0,0741	0,1152	0,1249	0,1152	0,0770	0,0618
5		0,1152	0,0893	0,0922	0,0693	0,0571
6		0,0576	0,0892	0,0737	0,0623	0,0528
7			0,0893	0,0655	0,0590	0,0489
8			0,0446	0,0655	0,0590	0,0452
9				0,0656	0,0591	0,0447
10				0,0655	0,0590	0,0447
11				0,0328	0,0591	0,0446
12					0,0590	0,0446
13					0,0591	0,0446
14					0,0590	0,0446
15					0,0591	0,0446
16					0,0295	0,0446
17						0,0446
18						0,0446
19						0,0446
20						0,0446
21						0,0223

TABLA 3.5 Comparación de los casos de estudio A, B, C y D

	FACTORES CONSTANTES			FACTORES VARIABLES		RESULTADOS			
CASOS	i'_b	e'_a	f	t	K'_a	**RI (K'a) Bs.**	**Ingresos Anuales Bs.**	**Diferencia en Valor (Bs.)**	**Diferencia Porcentual**
A	0,47146	0,33930	0,18	0,000	0,45824	47.492.687.650,13	50.847.178.660,00	3.354.491.009,87	**6,60**
B	0,47146	0,33930	0,18	0,050	0,43703	48.720.965.782,47	50.847.178.660,00	2.126.212.877,53	**4,18**
C	0,47146	0,33930	0,18	0,085	0,42218	49.672.422.270,91	50.847.178.660,00	1.174.756.389,09	**2,31**
D	0,47146	0,33930	0,18	0,085	0,42218	49.672.422.270,91	50.847.178.660,00	1.174.756.389,09	**2,31**

TABLA 4.1 Análisis probabilístico de riesgo

					CALCULOS ESTADISTICOS			
(1) CASOS	(2) *t*	(3) RI (K'a) Bs.	(4) Ingresos Anuales Bs.	(5) = (4) - (3) VP Flujo de Efectivo Proyecto Bs.	(6) *p(i)* *Probabilidad*	(7) = (6) * (5) *E(VP)* *Valor Esperado*	(8) = $(7)^2$ $[E(VP)]^2$	(9) = (6) * (8) $[p(i) * [E(VP)]^2]$
A	**0,000**	47.492.687.650,13	50.847.178.660,00	3.354.491.009,87	0,05	167.724.550,49	2,81E+16	1,41E+15
B	**0,050**	48.720.965.782,47	50.847.178.660,00	2.126.212.877,53	0,35	744.174.507,13	5,54E+17	1,94E+17
C	**0,085**	49.672.422.270,91	50.847.178.660,00	1.174.756.389,09	0,40	469.902.555,64	2,21E+17	8,83E+16
D	**0,125**	50.865.171.776,43	50.847.178.660,00	(17.993.116,43)	0,20	(3.598.623,29)	1,30E+13	2,59E+12
					$\sum(E(VP)) =$	**1.378.202.989,98**	$\sum(E(VP^2)) =$	**2,84E+17**

Calculo de la Varianza ***[V(VP)]***

$[V(VP)] = | [p(i) * [E(VP)]^2] - [E(VP)]^2 |$

$[V(VP)] =$ **1,62E+18**

Cálculo de la Desviación Estándar [SD(VP)]

$[SD(VP)] = [V(VP)]^{1/2}$

[SD(VP)]= **1.271.173.653,22**

ESTRUCTURA DEL VALOR DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (O y M)

	Sub-Total	Sub-Total	Total
Costos Operación y Mantenimiento (O y M)			**22.790.005.300,00**
Costos directos		**8.660.202.014,00**	
Mano de obra	4.558.001.060,00		
Material	1.823.200.424,00		
Otros costos directos	2.279.000.530,00		
Costos indirectos	-	**14.129.803.286,00**	
Mano de obra / tiempo extra	3.874.300.901,00		
Materiales y suministros	911.600.212,00		
Mantenimiento	3.190.600.742,00		
Combustible	2.051.100.477,00		
Servicios	1.367.400.318,00		
Seguros mercantiles	1.139.500.265,00		
Impuestos sobre bienes	911.600.212,00		
Otros costos indirectos	683.700.159,00		