REPÚBLICA DEL ECUADOR
Escuela Politécnica Nacional
"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.

- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.

- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

EVALUACIÓN DE DECISIONES DE INVERSIÓN BAJO INCERTIDUMBRES ESTRATÉGICAS APLICADA AL PROBLEMA DE LA INFRAESTRUCTURA PARA COCCIÓN EN PROYECTOS HABITACIONALES

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

MALDONADO BURNEO JHON PAÚL

DIRECTOR: DR. PAUL FABRICIO VASQUEZ MIRANDA

Quito, julio 2018

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por JHON PAÚL MALDONADO BURNEO, bajo mi supervisión.

DR. PAÚL FABRICIO VASQUEZ MIRANDA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, JHON PAÚL MALDONADO BURNEO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

JHON PAÚL MALDONADO BURNEO

DEDICATORIA

Al Ser Supremo

A mis padres, Daysi y Jorge

A mis hermanos, Jorge y Paula

“La familia es el impulso del hombre de bien”

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA II
DEDICATORIA III
ÍNDICE DE CONTENIDO IV
RESUMEN VI
ABSTRACT VII
1. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Objetivos 2
1.2 Alcance 2
1.3 Métodos de Evaluación de Inversiones 3
1.3.1. Valor Actual Neto 3
1.3.2. Tasa Interna de Retorno (TIR) 4
1.3.3. Relación Costo Beneficio 5
1.3.4. Periodo de Recuperación de Capital 5
1.3.5. Cálculo del Flujo Neto de Efectivo 6
1.3.6. Análisis de Sensibilidad 6
1.3.7. Certeza 6
1.3.8. Incertidumbre 7
1.3.9. Opciones Reales 8
1.3.10. Modelo Binomial 11
1.3.11. Árboles de eventos 14
2. METODOLOGÍA 18
2.1 Alternativas de Inversión 18
2.1.1. La Cocina de gas o GLP 18
2.1.2. La Cocina de Inducción Electromagnética 19
2.2. Árbol de Eventos 21
2.3. Árbol de Decisiones 22
2.4. Evaluación 22
2.4.1. Flujo de Caja Descontados 23
2.4.2. Opciones Reales 23
2.5. Decisión 32
2.5.1. Decisiones bajo criterios de compra (call) 33
2.5.2. Decisiones bajo criterios de venta (*put*) 33
3. APLICACIÓN NUMÉRICA 34

3.1 Sistematizaciones para el desarrollo de escenarios 34
3.1.1 Árbol de Eventos del Proyecto 37
3.1.2 Árbol de Decisiones del Proyecto 38
3.1.3 Evaluación del Proyecto 40
3.1.4 Escenarios 42
3.1.4.1 Factor 1: Mantenimiento del subsidio de GLP 43
3.1.4.2 Factor 2: Focalización del subsidio de GLP 53
3.1.4.3 Factor 3: Eliminación del subsidio de GLP 64
3.1.4.3.1 Escenario 7 65
3.1.4.3.2 Escenario 8 – 9 73
3.1.5 Alternativas de Decisión y factor de decisión 76
3.1.6 Análisis de Flexibilidad 79
3.1.7 Intervalos de Sensibilidad 83
4. CONCLUSIONES 85
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 87
6. ANEXOS 90
6.1. Escenarios del Proyecto 90
6.2. Flujos Descontados 91
ORDEN DE EMPASTADO 93

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo de titulación es desarrollar una herramienta de evaluación económica de inversiones, que, considerando la presencia de incertidumbres estratégicas, permita a los constructores, decidir por la alternativa más eficiente para suministro de energía para cocción en sus proyectos habitacionales.

Las variables a considerar y que tienen incertidumbre estratégica son: el subsidio al gas, el subsidio a la electricidad y la exención tributaria del Impuesto al Valor Agregado – IVA para cocinas de inducción y juegos de ollas de inducción. Variables estas últimas que dependen de decisiones del gobierno.

Tradicionalmente, la viabilidad de las inversiones se evalúa considerando la técnica del Valor Presente Neto (TIR y VAN); sin embargo, dicha técnica no permite evaluar adecuadamente alternativas que proporcionen flexibilidad futura para reducir las incertidumbres estratégicas presentes. Por esta razón, para el presente trabajo de titulación se empleará la técnica de valoración de opciones reales.

En el presente proyecto de titulación se pretende demostrar técnicamente que postergar una inversión irreversible mediante el uso de inversiones flexibles puede representar un ahorro considerable para el constructor de obra residencial en escenarios donde existen considerables incertidumbres estratégicas.

Además, se analizarán herramientas computacionales a fin de determinar aquella que permita aplicar adecuadamente la técnica propuesta.

PALABRAS CLAVE: energía para cocción, proyectos habitacionales, incertidumbres estratégicas, inversión, opciones reales

ABSTRACT

The objective of the present titling work is to develop a tool for economic evaluation of investments, which, considering the presence of strategic uncertainties, will allow the builders to decide on the most efficient alternative for supplying energy for cooking in their housing projects.

The variables to consider and that have strategic uncertainty are: the gas subsidy, the electricity subsidy and the tax exemption of Value Added Tax - VAT for induction cookers and sets of induction cookers. These variables depend on government decisions.

Traditionally, the viability of investments is evaluated considering the Net Present Value (TIR and VAN) technique; however, this technique does not allow adequately evaluating alternatives that provide future flexibility to reduce the strategic uncertainties present. For this reason, for the present titling work will be used the technique of valuation of real options.

In the present project of titling it is tried to demonstrate technically that to postpone an irreversible investment by means of the use of flexible investments can represent a considerable saving for the constructor of residential work in scenarios where there are considerable strategic uncertainties.

In addition, computational tools will be analyzed in order to determine the one that allows to apply properly the proposed technique.

KEYWORDS: Energy for cooking, housing projects, strategic uncertainties, investment, real options.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto se desarrolla en base a cuatro capítulos divididos de acuerdo a los niveles del estudio; en el primer capítulo se establece el objetivo del proyecto el cual se centra en el desarrollo y aplicación de un modelo de evaluación financiera basado en incertidumbres estratégicas, y así determinar la mejor opción de inversión de construcción de infraestructura de cocción. Adicionalmente, en este apartado se realiza una descripción de los métodos de evaluación financiera enfocada en inversiones bajo incertidumbre, en donde se incluye el modelo de opciones reales.

En el capítulo dos se desarrolla la metodología especifica utilizada para el proyecto, la cual se deriva de las alternativas de inversión propuestas; infraestructura de cocción de Gas Licuado del Petróleo (GLP) e inducción, con estas premisas se plantea la utilización de un proceso sistémico para la valoración de la inversión, el cual consta de un árbol de eventos, un árbol de decisiones, la evaluación y la decisión. La evaluación y decisión se relacionan directamente con el modelo de opciones reales es cogido como método de evaluación de las inversiones con elementos de sensibilidad (volatilidad, tasa libre de riesgo, probabilidad media) capaces de influencia en la valoración de los flujos descontados. Como parte de la evaluación y decisión se establecen las alternativas PUT (Opción de Venta) y CALL (Opción de Compra), para definir la opción de mayor rendimiento.

El capítulo tres presenta los resultados obtenidos de la aplicación numérica del modelo de opciones reales en referencia a los nueve escenarios desarrollados a través del árbol de eventos y árbol de decisiones, que mediante probabilidades se generan las alternativas de mayor factibilidad. Cada escenario es sometido al modelo de opciones reales programado en Excel, con el objetivo de determinar el porcentaje de rendimiento medido en base a los flujos descontados para cada escenario. Al final de El proyecto de obtiene como solución la aplicación de la alternativa de decisión, en donde el precio del GLP de 15 kg se mantiene en 1,60 USD y el precio del kWh es de 0,093 USD, ofreciendo una solución alterna con construcción de una infraestructura mixta (GLP e inducción) en base a las características del mercado.

Finalmente, se generan las conclusiones con lo que se presentan los principales resultados de El proyecto en base a los objetivos planteados.

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Desarrollar y aplicar un procedimiento de evaluación económica de inversiones bajo incertidumbres estratégicas que permita a los constructores decidir qué infraestructura utilizar para cocción en sus proyectos habitacionales residenciales.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar las ventajas y desventajas que posee el método de Opciones reales en relación con el método tradicional del VAN, en la evaluación de inversiones.
- Identificar escenarios favorables y desfavorables caracterizándolos en función de la presencia de incertidumbres estratégicas en el problema de la infraestructura para cocción en proyectos habitacionales.
- Plantear estrategias de inversión para el problema de infraestructura para cocción en proyectos habitacionales.
- Desarrollar un modelo computacional que permita evaluar económicamente y, consecuentemente, priorizar, las estrategias planteadas mediante el método de opciones reales.
- Aplicar la metodología propuesta en un caso de estudio particular de decisión de infraestructura eficiente para cocción, en proyectos habitacionales.

1.2 Alcance

En el presente proyecto de titulación se desarrollará un modelo computacional de evaluación económica de inversiones en infraestructura para cocción de edificios residenciales conformados por departamentos. Para determinar la decisión más eficiente, se plantearán varias estrategias de decisión, conformadas por diferentes alternativas de inversión, las cuales, debido a la presencia de incertidumbres estratégicas, serán evaluadas y priorizadas mediante la técnica de opciones reales.

1.3 Métodos de Evaluación de Inversiones

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad desarrollar una herramienta de evaluación económica de inversiones que, considerando la presencia de incertidumbres estratégicas, permita a los constructores, decidir la alternativa más eficiente de cocción en sus proyectos habitacionales.

Las variables a considerar y que tienen incertidumbre estratégica son: el subsidio del gas, el subsidio a la electricidad y la exención tributaria del Impuesto al Valor Agregado – IVA para cocinas de inducción y juegos de ollas de inducción. Variables que dependen de decisiones gubernamentales.

De forma tradicional, la viabilidad de inversiones se evalúa considerando la técnica del Valor Presente Neto T.I.R (Tasa Interna de Retorno) y V.A.N (Valor Actual Neto) sin embargo, ésta no permite evaluar correctamente alternativas que proporcionen flexibilidad futura para reducir las incertidumbres estratégicas presentes. Por tal motivo, para el presente trabajo de titulación se utilizó la técnica de valoración de opciones reales.

1.3.1. Valor Actual Neto

El valor actual neto (VAN) constituye uno de los métodos financieros que toma en cuenta los flujos de efectivo en función del tiempo.

Este consiste en encontrar la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de beneficio y el valor actualizado de la inversión y otros egresos de efectivo.
La tasa que se utiliza para descontar los flujos es el rendimiento mínimo aceptable de la empresa (*k*). Por debajo del cual los proyectos de inversión no deben efectuarse.

$$VAN = -I0 + \frac{Fn1}{(1+K)} + \frac{Fn2}{(1+K)^2} + \frac{Fn}{(1+K)^n}$$

Ecuación 1. VAN

Donde:

I0= Inversión inicial

K= Costo de capital

Fn= Flujo neto de efectivo anual

Regla de decisión del VAN

Para proyectos mutuamente excluyentes se escoge el proyecto con el mayor VAN.

Para proyectos independientes rige la siguiente regla:

- VAN > 0 Se elige el proyecto
- VAN < 0 No se acepta el proyecto
- VAN = 0 Finalmente NO se elige, pero estratégicamente puede ser escogido [1].

1.3.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR de un proyecto de inversión es la tasa de descuento, que hace que el valor actual de los flujos de beneficios (positivos) sea igual al valor actual de los flujos de inversión negativos. Regla de decisión del TIR

- Para proyectos mutuamente excluyentes, se elige el proyecto con el TIR mayor.
- Para proyectos independientes, se usa la siguiente regla de decisión:
  - Si el TIR > *K* = VAN >0, se elige el proyecto
  - Si el TIR < *K* = VAN <0, no se elige el proyecto
  - Si el TIR = 0 = VAN = 0, no se elige el proyecto.

Ventajas del TIR

- Toma en cuenta todos los flujos y su distribución en el tiempo.
- Sí pondera intrínsecamente la importancia de la inversión inicial.
- Si el TIR es mayor que *K*, se garantiza cubrir la inversión, el costo financiero y generar un excedente que incrementa la riqueza de la empresa.

Desventajas del TIR

- No maximiza la ganancia, que es el objetivo de la empresa.
- No conduce a decisiones óptimas ante proyectos con vidas económicamente desiguales, por lo que no se recomienda usarlo.
- Es posible que se presenten varios TIR en un solo proyecto. [2]

1.3.3. Relación Costo Beneficio

La relación costo beneficio toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada dólar que se sacrifica en el proyecto [2].
La relación beneficio / costo es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una comunidad.

Cálculo de la relación beneficio costo

- Se trae a valor presente los ingresos netos de efectivo asociados con el proyecto.
- Se trae a valor presente los egresos netos de efectivo del proyecto.
- Se establece la relación entre el VAN de los Ingresos y el VAN de los egresos.

Interpretación de Resultados

Si el resultado es mayor que 1, significa que los ingresos netos son superiores a los egresos netos. En otras palabras, los beneficios (ingresos) son mayores a los sacrificios (egresos) y, en consecuencia, el proyecto generará riqueza a una comunidad. Si el proyecto genera riqueza con seguridad traerá consigo un beneficio social.
Si el resultado es igual a 1, los beneficios igualan a los sacrificios sin generar riqueza alguna. Por tal razón sería indiferente ejecutar o no el proyecto [3].

1.3.4. Periodo de Recuperación de Capital

El Periodo de Recuperación de Capital es considerado un indicador que mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo pues permite anticipar los eventos en un corto plazo.
Es importante anotar que este indicador es un instrumento financiero que al igual que el Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno, permite optimizar el proceso de toma de decisiones.
Es un instrumento que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

1.3.5. Cálculo del Flujo Neto de Efectivo

Para calcular los Flujo Neto de Efectivo debe acudirse a los pronósticos tanto de la inversión inicial como del estado de resultados del proyecto. La inversión inicial supone los diferentes desembolsos que hará la empresa en el momento de ejecutar el proyecto (año cero), tomando en cuenta que los desembolsos a realizar tienen un carácter monetario, debe aplicarse éste con signo negativo en el estado de Flujo Neto de Efectivo. La depreciación, las amortizaciones de activos nominales y las provisiones, son rubros (costos y/o gastos) que no generan movimiento alguno de efectivo (no alteran el flujo de caja) pero si reducen las utilidades operacionales de una empresa. Esta es la razón por la cual se deben sumar en el estado de flujo neto de efectivo [4].

1.3.6. Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad tiene la capacidad de variar parámetros claves dentro de un proceso dado, en tanto que se requiere determinar la sensibilidad de los resultados y la variación en cada partida. En este sentido, el análisis de sensibilidad, trata de contestar la siguiente pregunta: ¿Qué sucede si las cosas no ocurren como se esperaba?, de esta manera, la base para aplicar el presente método reside en identificar los posibles escenarios del proyecto de inversión.

1.3.7. Certeza

La certeza es universal y la palabra verdad es un nombre abstracto. Pero los enunciados que aparecen como universales pueden ser sustituidos por otros individuales, con nombres y adjetivos concretos. Así, no se pierde mucho si sustituimos « ¿qué es la certeza?» ¿Por qué debe ser algo para que sea verdadero? La primera pregunta exige, para su contestación, conocer todos los enunciados de certeza, lo que exigiría, salvo contextos muy limitados, el tratar con una infinidad de enunciados que podrán formularse; con la segunda cuestión se evitan estos inconvenientes [5]. Los portadores primarios de certeza son los enunciados o proposiciones, ya que otros posibles portadores, como las creencias, las noticias o comentarios, las descripciones de los objetos, se reducen a

éstos. Las palabras “enunciado” y “proposición” son las adecuadas para poder hablar acerca de lo que se dice, es creíble o descriptible.

Ejemplo: Una aplicación del concepto de certeza en términos de opciones reales, es la existencia de un mercado económico y financiero en el cual interactúan los inversionistas de proyectos, los cuales son ciertos y existen por la necesidad de generar operaciones comerciales, esta certeza, le permite a quien vaya a invertir analizar las posibilidades de desarrollo de un proyecto.

1.3.8. Incertidumbre

La palabra incertidumbre significa duda, y en su sentido más amplio, incertidumbre de medición significa duda acerca de la validez del resultado de una medición, así como de la exactitud del resultado [6].

Ejemplo: El modelo de opciones reales aplica variables de incertidumbre con la introducción de índices cambiantes como la volatilidad, valor que cambia de acuerdo al comportamiento del mercado financiero, siendo incierto su nivel en el mediano plazo.

Incertidumbre aleatoria

Para cuantificar estadísticamente esta incertidumbre debemos considerar dos tipos de experimentos: aquellos que consisten en determinar una cierta magnitud repitiendo el experimento muchas veces (por ej. medir 20 veces el tiempo que tarda un coche en recorrer una determinada distancia) y aquellos en los que dicha magnitud se obtiene a través de una representación que ponga de manifiesto una relación entre las dos variables [7].

Ejemplo: La incertidumbre aleatoria se ve expresada en el modelo de opciones reales a través del árbol de probabilidades que se genera para obtener un resultado positivo y negativo, con la repetición de la valoración en periodo de n tiempos y revisiones.

Incertidumbre Estratégica

Las decisiones estratégicas de las empresas están orientadas a definir las acciones que deben emprenderse para asegurar las condiciones de supervivencia, crecimiento y

rentabilidad sostenida que se esperan. Tales determinaciones se crean bajo situaciones de incertidumbre, puesto que no se conocen las circunstancias de futuro del entorno empresarial [8]. A continuación, se describen los tipos de incertidumbres estratégicas:

A. Nivel 1: Un futuro suficientemente claro. Es viable desarrollar un solo pronóstico de futuro en base a los mencionados parámetros, el cual será lo adecuadamente exacto para la aplicación de la estrategia.

B. Nivel 2: Futuros alternos. Se detalla el futuro con la probabilidad de algunos resultados alternativos, sin que logre predecirse que ocurrirá en concreto.

C. Nivel 3: Una gama de futuros. Se detecta varios futuros posibles, establecido por un número limitado de variables bien establecidas, pero con probabilidades de que el producto se ubique dentro de un gran conjunto de posibilidades.

D. Nivel 4: Ambigüedad total. Existen varios escenarios con incertidumbre que se relacionan entre sí, generando un entorno difícil de predecir. Por lo que no se puede detectar el abanico de resultados posibles y los escenarios potenciales.

Ejemplo: la incertidumbre estratégica aplicada al modelo de opciones reales se evidencia en la determinación de probabilidades altas y bajas para escenarios de inversión, esto con el objetivo prever posibles hechos y adelantarse a lo que va a ocurrir en el mercado para modificar las inversiones.

1.3.9. Opciones Reales

El término de opciones reales, fue establecido por Stewar Myers durante la década del setenta, con la finalidad de hacer referencia a la aplicación de la teoría de opciones en la valoración de bienes no financieros, específicamente a la inversión en activos reales que presentaran un componente de flexibilidad, tal como la inversión en estudios investigativos y desarrollo y en la expansión de plantas de manufactura.

Así se describe que las opciones reales, se usan en finanzas con la finalidad de describir un proyecto de inversión, que no cuenta como parte de una cartera de utilidad fija y sin

riesgo como el VAN (Valor Actual Neto), sino que toma en cuenta “el enfoque de las opciones reales como la extensión de la Teoría de Opciones Financieras hacia opciones en activos reales (no financieros) que permiten modificar un proyecto con la intención de incrementar su valor” [9].

En este contexto, las opciones previamente señaladas, otorgan cierto grado de valor a la empresa, en tanto posibilita que aumenten ganancias y obviamente reduzcan las pérdidas. De esta manera, es posible realizar un análisis de las opciones reales, con el objetivo de formar parte de oportunidades existentes de la empresa, por lo cual estas también son denominadas como opciones intangibles.

El análisis de opciones reales se lleva a cabo cuando:

- Existen decisiones de inversión contingentes, en la que otra clase de enfoques no pueden valorar correctamente este tipo de oportunidades [10].
- La incertidumbre es bastante extensa y se torna sensible para esperar más información, evitando arrepentirse de inversiones irreversibles [10].
- El valor parece estar capturado en posibilidades para futuras opciones de crecimiento, en vez de flujos actuales de efectivo [10].
- La incertidumbre es extensa para tomar la flexibilidad en consideración, solo el enfoque de las opciones reales puede corregir el valor de las inversiones en materia de flexibilidad [10].

La visión tradicional, se encuentra enfocada a evitar el riesgo de forma totalitaria. Resulta necesario tener en cuenta las valoraciones que en este contexto se aprecian desde la perspectiva de las opciones reales, las cuales toman en cambio los siguientes elementos:

La incertidumbre crea oportunidades. Desde este punto de vista, se hace válido tomar en cuenta que, a partir de las inversiones estratégicas, los gerentes deben intentar ver los mercados en términos de origen, dirección y evolución, desde la visión de la incertidumbre y determinando de esta manera el grado de exposición de sus inversiones. Ello permite responder para posicionarlas y así obtener un mejor provecho de ellas [9].

Es decir, las opciones tradicionales pueden ser medidas a través del VAN y TIR, mientras que las opciones reales, donde el riesgo resulta constante, pueden ser medidas a partir

de su propia forma, es así que sus resultados requieren apreciarse a través de la siguiente curva de incertidumbre, como se puede observar en la figura 1:

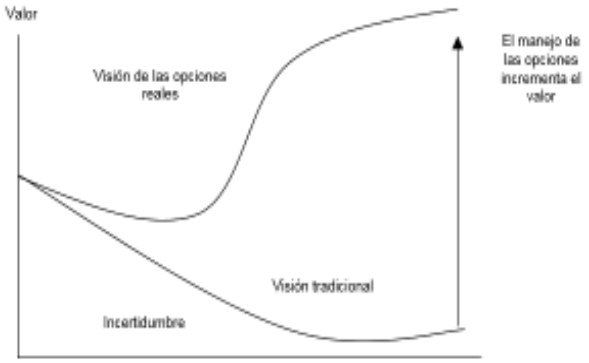


Figura 1. Incremento del valor debido a la incertidumbre [9]

En la medición de las opciones reales, existen modalidades de instrumentos financieros, los cuales son utilizados con el fin de minimizar los riesgos en las operaciones comerciales. Otra función de estos instrumentos estriba en aislar la actividad económica de la empresa de las fluctuaciones de los mercados y aumentar la eficacia de las previsiones empresariales, lo cual facilita la confianza en la gestión.

En este contexto, las opciones pueden ser denominadas de la siguiente manera:
Opciones call.- Constituyen alternativas de compra a partir de la cuales "es posible otorgar el derecho, mas no la obligación de comprar cierta cantidad de bienes a un determinado precio que permite su ejecución durante cierto periodo" [9].
Opciones put.- De venta "la opción de venta u opción put concede el derecho, pero no la obligación de vender una cantidad determinada de un bien. En ambos casos, para adquirir este derecho se debe pagar una prima" [9].

La valoración de estas opciones, ofrece seguridad en las transacciones de la empresa con el exterior [11].

En este contexto, el cálculo del precio que hay que pagar para adquirir o recibir por emitir una opción determinada, se ha convertido en una cuestión muy importante. Cabe destacar que en la actualidad existen varios modelos para la determinación del valor teórico de una opción, entre los cuales se citan a continuación:

1.3.10. Modelo Binomial

Este modelo se desarrolló en el año de 1974 por Cox, Rubistein y otros autores.

Dicho modelo constituye un patrón discreto en el que se considera que la evolución del precio del activo subyacente varía según el proceso binomial multiplicativo; es decir, sólo puede tomar dos valores posibles, uno al alza y otro a la baja, con probabilidades asociadas p y 1– *p*. De esta forma, al extender esta distribución de probabilidades a lo largo de un número determinado de períodos se consigue determinar el valor teórico de una opción [9].

Modelo binomial para un sólo periodo

Esta guía toma en cuenta el valor call de una opción real, el mismo está determinado por la ecuación siguiente:

$$C = \frac{1}{r} x[pxCu + (1-p) * Cd] \ (2)$$

Ecuación 2. Modelo binomial para un sólo periodo

Donde:

$$p = \frac{r-d}{u-d}$$

Y,

$$1-p = \frac{u-r}{u-d}$$

$Cu = Max[0, uS - E]$

$Cd = Max[0, uS - E]$

C: Valor teórico de una opción call

r = (1+rf): Con la tasa libre de riesgo

u: El movimiento multiplicativo al alza del precio del subyacente en un período, con una probabilidad asociada de *p*

d: El movimiento multiplicativo a la baja del precio del subyacente en un período, con una probabilidad asociada de (1 – *p*)

C_u Valor de la opción call al vencimiento con un movimiento multiplicativo al alza

C_d : Valor de la opción call al vencimiento con un movimiento multiplicativo a la baja

uS : Evolución al alza del precio del subyacente

dS : Evolución a la baja del precio del subyacente

S : Precio de mercado del activo subyacente

E: Precio de ejercicio de la opción

El valor teórico de una opción put viene dado por:

$$P = \frac{1}{r} x[pxPu + (1-p)xPd]$$

Donde:

$$Pu = Max\ [0, E - uS]$$

$$Pd = Max\ [0, E - dS]$$

Siendo:

P: Valor teórico de una opción put

P_u : Valor de la opción put al vencimiento con un movimiento multiplicativo al alza

P_d : Valor de la opción put al vencimiento con un movimiento multiplicativo a la baja

Modelo binomial multiperíodo

Este patrón tiene lugar cuando el horizonte de planificación se generaliza en periodos, en este sentido la valoración de una alternativa se realiza calculando los valores de la misma al final de los *n* períodos y por un procedimiento recursivo (retrocediendo en el tiempo). Se calcula paulatinamente a través de las ecuaciones representadas, otorgando de esta manera un valor en cada nudo del diagrama o árbol [9].

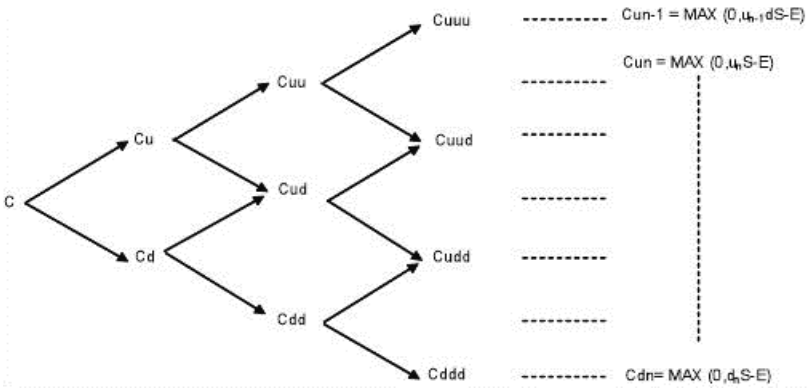


Figura 2. Evolución de la opción call de acuerdo a un proceso binomial [9]

Por otra parte, la cifra de la opción put también se puede calcular a partir del valor call, aplicando la fórmula siguiente:

$$P = C - S + \frac{E}{r^n}$$

Ecuación 3. Opción put

La extensión de este modelo a un número infinito de periodos, da lugar a la formulación que presenta el modelo de Black–Scholes. Sin embargo, la aproximación del modelo binomial a uno de tipo continuo, como el de Black–Scholes, se considera adecuada cuando el número de períodos es mayor de cincuenta.

Una aplicación reciente de este modelo, fue presentada por Fontes, Camoes y Fonter (2007) al estudiar los sistemas de producción flexibles desde el enfoque de opciones reales. Se ha reconocido que en algunos casos emplear el modelo de Markov puede ser una mejor decisión que emplear un árbol binomial.

Modelo de valoración con simulación de Monte Carlo

La valoración de una inversión y sus opciones reales también es factible a través del modelo Monte Carlo, el cual implica un proceso que consta de seis niveles fundamentales [12]:

i) Determinación del activo y sus opciones reales.
ii) Evaluación de los procesos similares de las variables de valoración.
iii) Discretización de los procesos similares de las variables de valoración.
iv) Simulación de las trayectorias.
v) Establecimiento de la política óptima del ejercicio.
vi) Valoración del activo y sus opciones reales.

El modelo de simulación Monte Carlo permite mejorar la calidad de la aproximación de valor de las opciones a través del aumento del número de simulaciones, y esto determina su característica diferenciadora. Este efecto se deriva de la relación inversa entre el número de experimentos realizados y la estimación. A diferencia de otros modelos de aproximación, el método de Monte Carlo ha desarrollado una ventaja mediante su tasa de

convergencia al valor cierto, pues esta no depende de la dimensión del problema, lo que la convierte en un instrumento viable en la evaluación de problemas de gran dimensión [12]. En consecuencia, este modelo no puede ser aplicado a una estructura de valoración de bajo alcance, con opciones limitadas, por lo que podrá tomarse como referencia para la valoración de infraestructura de cocción a gas o electricidad.

Modelo de valoración Black & Scholes

Este modelo considera una acción que no paga dividendos y establece que el beneficio sobre la acción en un mínimo periodo de tiempo se distribuye normalmente. Consecuentemente, el modelo predispone que el precio de la acción en cualquier periodo futuro refleja una distribución logarítmica normal [13].
El modelo emplea supuesto de que el precio de una acción en el futuro, con respecto a su precio en el presente, es logarítmicamente normal [13]. Esto relaciona el rendimiento con la acción en un periodo de tiempo mediante una distribución normal. La incertidumbre de los precios en el futuro de las acciones crece de acuerdo a la proyección, es decir mientras más años se involucren en el estudio. En consecuencia, el rendimiento esperado será mayor si el riesgo de la acción es mayor. Por lo que es recomendable que se utilice este modelo en situaciones con niveles de riesgo altos donde la incertidumbre del mercado se cambie continuamente.

1.3.11. Árboles de eventos

El árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos, es un método inductivo que describe la evolución de un suceso iniciador, sobre la base de la respuesta de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas. Partiendo del suceso iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a distintos eventos [14].

En relación a esto, se considera que el árbol de sucesos es aquel método de descripción del progreso que tiene como base la respuesta a varios sistemas tecnológicos, ya que se toma como base un suceso iniciador y luego se ejecutan los factores involucrados.

En esta línea de ideas, el árbol de sucesos sigue el esquema que se detalla a continuación, como se puede observar en la figura 3:

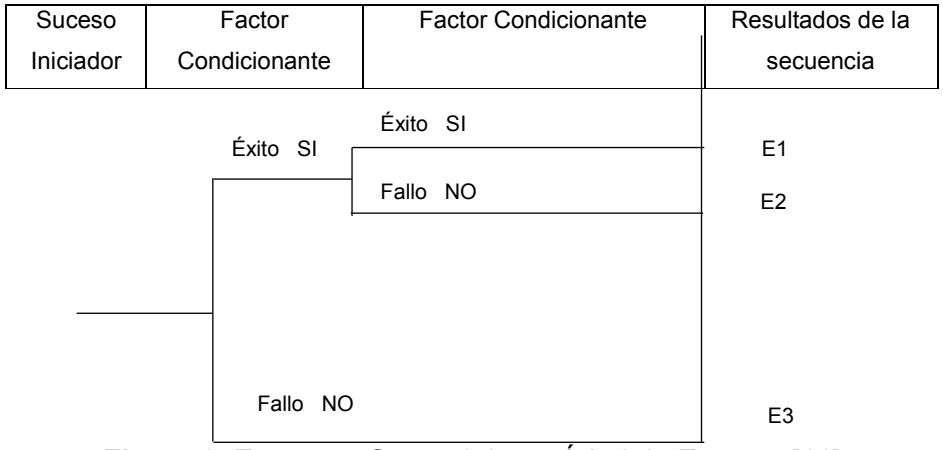


Figura 3. Esquema General de un Árbol de Eventos [11]

Estas situaciones condicionantes en torno a factores, determinan el éxito o fracaso de múltiples acciones, las cuales deben ser incluidas en el árbol de eventos como parte estructural en la toma de decisiones.

Árboles de decisión

El árbol de decisión constituye una "técnica que permite canalizar arbitrajes secuenciales basados en derivaciones y probabilidades asociadas entre sí. Los árboles de decisión pueden ser usados con la idea de generar sistemas expertos, búsquedas binarias y árboles de juego" [15].

En este contexto, las principales ventajas de un árbol de decisión se ponen de manifiesto a partir de la valoración siguiente:

> …Resume los ejemplos de partida, permitiendo una clasificación muy simple y detallada de la situación. Facilita su análisis a la decisión adoptada. Proporciona un alto grado de comprensión del conocimiento, utilizando en la toma de decisiones; lo cual reduce el número de variables independientes y crea una herramienta adecuada para el control empresarial. [15]

De esta manera, se hace necesario señalar el esquema del árbol de decisión de la forma siguiente, como se puede apreciar en la figura 4:

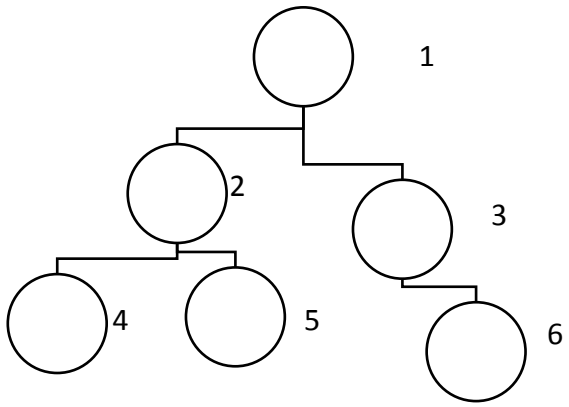


Figura 4. Árbol de decisión [8]

Es así como en base a dicho árbol se encuentra una búsqueda binaria partiendo al árbol en dos partes:

En una primera instancia compara si el número que se busca es igual a la raíz. En este sentido cuando se obtienen valores iguales, se devuelve la raíz y se termina con la búsqueda. Por otra parte, cuando se obtienen valores diferentes, se hace necesario establecer comparaciones, a fin de conocer si el número obtenido es mayor o menor que la raíz con lo que se rechaza la otra mitad del árbol. En este caso, cuando se obtienen valores menores, se realiza la búsqueda hacia el lado izquierdo hasta encontrar el siguiente elemento del árbol, el cual vuelve a compararse desde la raíz.

Para la ejecución del árbol de decisión, así como entender su comparación en búsqueda de una raíz y terminación, es necesario llevar a cabo la realización de los pasos siguientes:

Pasos para realizar un árbol de decisión

Los pasos a seguir para construir un árbol de decisión incluyen:

Paso 1. “Una vez determinada cuál es la problemática, se comienza a enumerar todos los factores que la componen” se puede citar como un ejemplo lo forma la contratación de un nuevo proveedor. En lista: costos, trámites, tiempo de llegada del producto, daños mercancía, fechas de pago, etc [16].

Paso 2. Priorizar

Se precisa limitar los criterios de decisión, al extraer de la lista previamente establecida, los factores que resultan más importantes para la empresa [16]. Es necesario reducir el número de criterios a un total de cinco, cuando estos son cuantiosos, a fin de obtener valores entendibles y fáciles de identificar.

Paso 3. Identificar la importancia de los criterios

La realización de este paso lleva sobreentendido la búsqueda y enumeración de los siete criterios primordiales, esto se ejemplifica a partir del cambio de proveedor, en el cual el costo estaría como número uno, en segundo lugar el tiempo de llegada del producto, en tercero los trámites, y así sucesivamente [16].

Paso 4. Visualizar las variables

Es indispensable tomar en cuenta la delimitación de los factores que forman parte de fortalezas o de las debilidades, lo que da inicio a la ramificación de tres o cuatro alternativas o formas, para lo cual es necesario buscar supuestos de manera veraz y objetiva; esto ayuda a profundizar la atención donde se evalúa los costos-beneficios del proveedor.

2. METODOLOGÍA

La metodología es el elemento que permite generar un análisis sistemático de la información obtenida en el proceso de investigación. Para el presente estudio se ha establecido el método aplicativo y descriptivo; aplicativo debido a que se emplea la herramienta de análisis financiero “Opciones Reales” para desarrollar un procedimiento de evaluación económica de inversiones bajo incertidumbre, donde se establecen los parámetros para la decisión considerando dos tipos de infraestructura para cocción, GLP e inducción, para la construcción de proyectos habitacionales; y descriptivo pues se realizará la descripción de los futuros escenarios posibles derivados de las opciones de inversión según su tipo de infraestructura, con la adición de las variables de tiempo, costo y políticas económicas.

A continuación, se grafica en la figura 5 el diagrama de flujo que contiene las fases del estudio para la evaluación de la inversión:

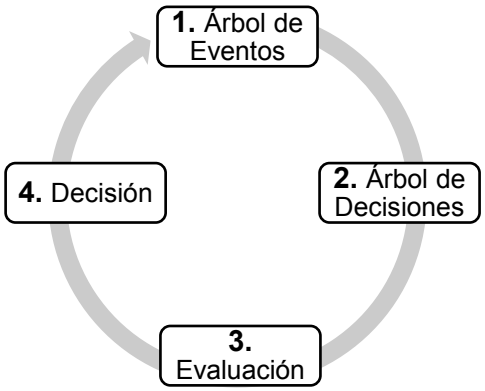


Figura 4. Proceso metodológico para la toma de decisiones financieras

2.1 Alternativas de Inversión

2.1.1. La Cocina de gas o GLP

El gas de cocina o GLP, está compuesto por “GLP, 70% propano y 30% butano” [17].

El GLP se utiliza como “combustible sustituto del GN (gas natural) en zonas donde no existe una red distribución local de GN o en zonas alejadas del sistema nacional de ductos (usualmente éstas constituyen las más pobres) por lo que se considera un gas eminentemente social” [17].

El GLP está orientado esencialmente al uso doméstico para cocción, aunque actualmente hay una tendencia al consumo del GLP como combustible automotriz, ya que las legislaciones vigentes no establecen ninguna diferencia entre los productos para sus respectivos usos (doméstico y automotriz). El consumo local de GLP el año 2008 fue de 83.000 Tn, según la Asociación Iberoamericana de GLP, con sede Rio de Janeiro. La contabilidad del consumo no registrado, se puede estimar en unos 95.000 Tn por año. El 55% de la demanda es para uso residencial (cocinar y calentar agua), el 15% es para industrias, y el 30% restante para consumo automotor. El 75% de la demanda es abastecida por garrafas y el resto es granel para industrias (10%) y estaciones de servicio (15% vehicular) [17].

En este contexto, el empleo de la cocina a gas en el Ecuador constituye uno de los medios más frecuentes de consumo desde los tiempos antiguos. De manera general, este tipo de cocinas se utiliza con cuatro y seis perillas. Por otra parte, existen otras cocinas que poseen un mayor número de perillas como las industriales, éstas se encuentran vigentes en el mercado ecuatoriano desde los años setenta y se destina para el uso doméstico, razón por la que existen distribuidores al por mayor y menor de los cilindros de gas, que los cambian llenos por los vacíos. Por otro lado, se ha evidenciado como parte de los avances tecnológicos, el uso de las cocinas de inducción.

2.1.2. La Cocina de Inducción Electromagnética

“Una cocina de inducción constituye un tipo de cocina vitrocerámica que calienta directamente el recipiente mediante un campo electromagnético” [18], el cual resulta diferente al calor que es producido por resistencias.

Estas cocinas utilizan un campo magnético alternante que magnetiza el material ferromagnético del recipiente en un sentido y en otro. Este proceso tiene menos pérdidas de energía, el material se agita magnéticamente, la energía absorbida se desprende en forma de calor y calienta el recipiente. Los recipientes deben contener un material

ferromagnético al menos en la base, por lo que los de aluminio, terracota, cerámica, vidrio o cobre no pueden utilizarse con este tipo de cocinas [18].

Aunque en la actualidad la cocina de inducción tiene un valor mayor al de la cocina a gas GLP, los beneficios que ésta proporciona son elevados, razón que le convierte en una inversión de tipo beneficiosa, ya que el costo de producir esta tecnología se centra en la electrónica, y no en el consumo de gas.

Durante el año 2009, el sector energético en el Ecuador experimentó una crisis resultante de las censuras que lo tildaban de poco eficiente, a partir de la demanda de GLP que no cubría las necesidades de la población en su totalidad [19], por lo que se requería la importación de energía por parte de otros países como Colombia y Perú, lo cual, por obvias razones, también incrementaba los costos energéticos estatales.

Por otra parte, aún no se puede solventar el gran gasto del GLP, ya que "el subsidio del gas al Ecuador tiene un valor equivalente de aproximadamente 500 millones de dólares anuales" [19] y existe en la actualidad, una cultura de la cocción de alimentos, que es realizado por tradición a partir del uso de cocinas de gas licuado de petróleo, lo cual induce la necesidad de repotencializar nuevas formas de solventar la matriz energética.

Desde esta perspectiva, cabe señalar la existencia de otra problemática actual, la cual radica en el impacto ambiental producido por el GLP, pues "el gas licuado de petróleo emite 3,9 billones de kg de CO2 al año causadas por el uso del GLP" [19]; lo que produce cada vez más daño en el entorno ambiental.

Es importante mencionar, que la cocina que usa GLP, mantiene un alto riesgo de quemaduras, explosiones y otras problemáticas como asfixia e intoxicación; por lo que es necesaria la utilización de nuevas fuentes de energía capaces de preservar en mayor medida la seguridad de los hogares y evitar accidentes que pueden llevar a la muerte; sin contar con el hecho de que el Gobierno ahorraría "más de 500 millones de dólares en subsidio de gas licuado, tomando en cuenta que el 80% del gas utilizado en el país es importado" [20].

Hay que considerar, además, que el Ecuador cuenta con grandes fuentes hidráulicas, en tanto posee abundantes ríos, cascadas, lagos, lagunas, cuyos recursos permiten generar energía renovable. De esta manera, el uso de los recursos naturales, como parte de las

ideas planteadas por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable evitaría la importación de gas GLP de otros países y con ello abaratar costos.

2.2. Árbol de Eventos

La realización del árbol de eventos es clave en el desarrollo del proyecto, porque determina el abanico de opciones posibles para la determinación de la factibilidad de la inversión en la infraestructura de cocción el universo de eventos racionalmente posibles y por ende faculta de manera adecuada para el desarrollo del resto de procesos concernientes a la metodología. Dentro del árbol de eventos se consideran las variables que interactúan en el proceso de decisión.

En base a las variables y los posibles escenarios que pueden tomar cada una de ellas, se procede a efectuar todas las combinaciones posibles y así dibujar el árbol de eventos:

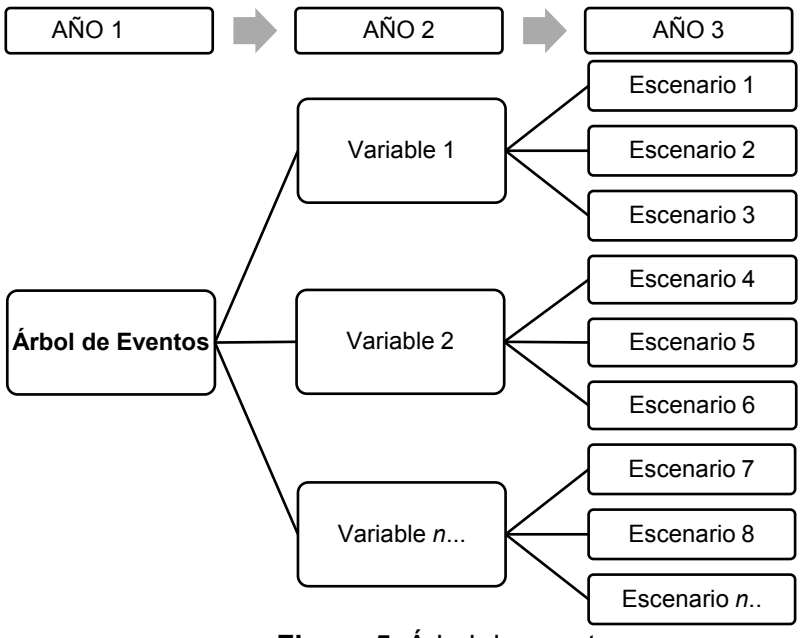


Figura 5. Árbol de eventos

Como se puede ver en la figura, puede desarrollarse un universo de *n* posibles casos, que posteriormente se procederán a evaluar en busca de establecer la probabilidad de ocurrencia de cada uno de estos procesos.

2.3. Árbol de Decisiones

Una vez estructurado el árbol de eventos, a continuación, se genera el árbol de decisiones, que a través de probabilidades se producen las alternativas que podrían desarrollarse de acuerdo a cada variable del proyecto, se observa en la figura 6:

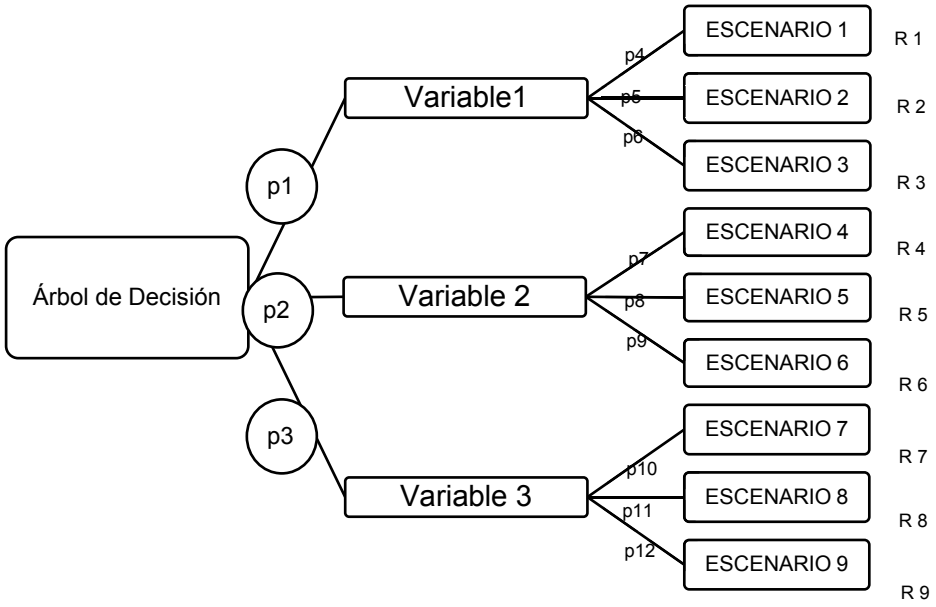


Figura 6. Árbol de decisiones

Para la obtención de las probabilidades de ocurrencia se multiplican los coeficientes de cada variable por los coeficientes de cada escenario, dando como resultado un peso ponderado. En este sentido el resultado más alto se elige como la mejor decisión.

2.4. Evaluación

Definidos los parámetros para los posibles escenarios de inversión generados a partir del árbol de eventos y árbol de decisiones, el siguiente proceso de acuerdo a la metodología de evaluación, es la valoración en sí. Para esto se han establecido dos métodos complementarios entre sí para formar las bases de información y datos que posteriormente serán evaluados;

a. El primer método es el de flujo de caja descontados que utiliza variables financieras como el Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) para

establecer el rendimiento de una inversión, sin embargo, su nivel de sensibilidad ante cambios en el entorno económico es limitado.

b. El segundo método es opciones reales, que, a través de la implementación de variables como volatilidad, tasa libre de riesgo, precio spot y precio strike, establecen un sistema de evaluación integral capaz de ajustarse al entorno cambiante como el ecuatoriano.

2.4.1. Flujo de Caja Descontados

Actualmente la herramienta más importante utilizada para valorar proyectos de inversión es el Flujo de Fondos Descontados (DFC, por sus siglas en inglés), esta herramienta tiene como indicadores tanto el Valor Actual Neto (VAN) como la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Con la ayuda de las expresiones matemáticas planteadas en el Marco Teórico, se procedió a calcular los valores de VAN y TIR para el proyecto de cocinas de inducción.

Debido al DCF se obtiene los escenarios más probables, para posteriormente contrarrestar estos resultados con los obtenidos mediante la metodología de opciones reales.

2.4.2. Opciones Reales

De acuerdo a las condiciones del modelo de opciones reales se determinan dos tipos de proyectos de inversión con las opciones financieras call y put, estos son infraestructura con instalaciones de gas e infraestructura con instalación eléctrica para cocción, puesto que al ejercer una opción call el resultado será:

$$max\ (S_t - X;\ 0) = \begin{cases} 0\ si\ S_t < X \\ S_t - X,\ S_t > X \end{cases}$$

Ecuación 4. Opción put

Mientras que para la opción put el resultado que se obtendrá será:

$$max\ (X - S_t;\ 0) = \begin{cases} 0\ si\ S_t > X \\ X_t - S_t\ S_t < X \end{cases}$$

Ecuación 5. Opción financiera put

Donde S_t: Precio del proyecto en el mercado, al momento *t*, del activo subyacente o inferior.

X: Precio del proyecto como opción de compra.

Al considerar las alternativas generadas o derivadas de las opciones reales que pueden aparecer en los proyectos de inversión con las variables de gas y electricidad es fundamental lograr reconocer la opción real y su correspondencia con las opciones financieras. A continuación, se muestra la similitud entre las opciones financieras y las opciones reales que pueden generarse en el análisis de los proyectos con infraestructura de gas o electricidad.

Para el desarrollo del modelo de opciones reales se debe establecer que se ha escogido el método binomial de acuerdo a sus características y a las ventajas que ofrece a la hora de tomar una decisión de inversión, como se observa en la figura 8:

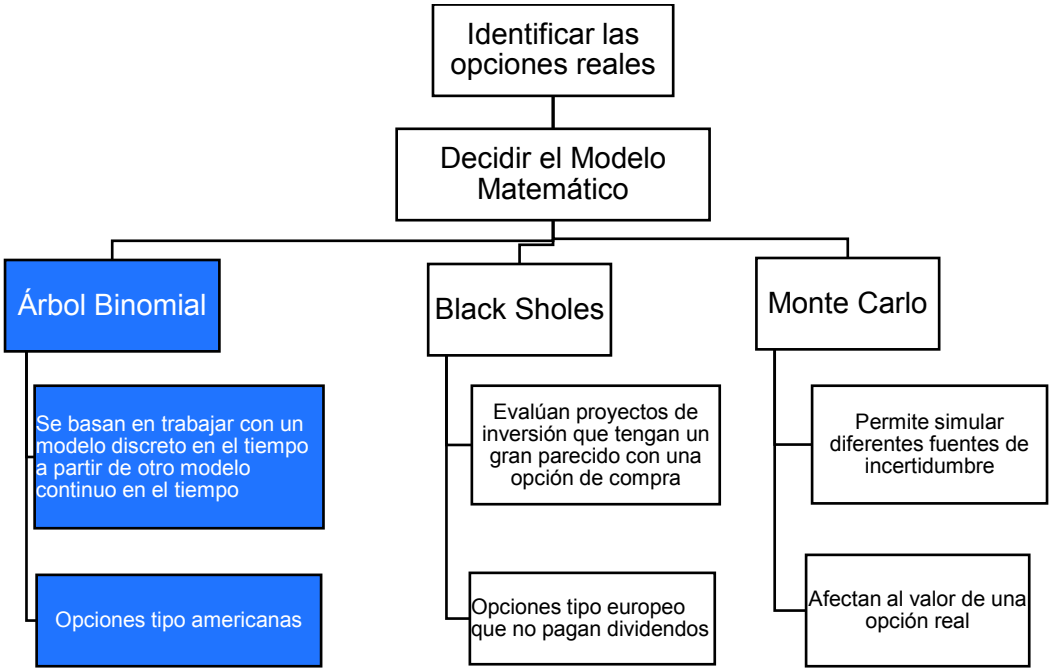


Figura 7. Modelo Matemático

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las condiciones del proyecto de inversión es viable aplicar opciones reales mediante árbol binomial pues este modelo se acopla a los resultados obtenidos de otro modelo financiero, como el de flujos descontados. Adicional se debe mencionar que no se utilizaron Black and Sholes y Monte Carlo, puesto que son estructuras de valoración que no generan beneficios a través de tasas de descuento (no pagan dividendos).

2.4.2.1. Árbol binomial

Se ha escogido el árbol binomial como elemento clave para la determinación de opciones reales ajustadas a la realidad de las condiciones del subsidio del gas y a la electricidad como base para la estructuración de una infraestructura de cocción para un departamento modelo, estas características se definen a continuación:

- Permite establecer el factor cambiante del valor de una acción.
- El desarrollo del modelo base considera precios máximos y precios mínimos para la opción de compra y venta.

- En el caso de la aplicación del modelo se puede cobrar dividendos, es decir, los beneficios corporativos que se le asigna a los accionistas del proyecto.
- Generación de un árbol de decisiones en base a un factor de cambio constante (volatilidad).
- Utilización de una tasa de interés libre de riesgos (más baja) que permite obtener resultados en contextos de pérdida y equilibrio.

2.4.2.1.1. Variables del modelo

Escogido el modelo de árbol binomial como método para la determinación de las opciones reales del proyecto de inversión es importante describir los términos y variables a utilizarse para su desarrollo, como se visualiza en la tabla 1.

Tabla 1. Validación Terminológica [21]

Orden	Proyecto de inversión	Opción de Compra de la Acción	Símbolo
A	Valor de los activos operativos (Spot)	Precio de la acción	S_o
B	Desembolsos requeridos para adquirir el activo (Strike)	Precio de ejercicio	x
C	Riesgo del activo operativo subyacente	Volatilidad	δ
D	Valor temporal del dinero	Tasa libre de riesgo	r_t
E	Probabilidad de que el proyecto suba su valor	Factor al alza	u
F	Probabilidad de que el proyecto disminuya su valor	Factor a la baja	d
G	Probabilidad promedio del proyecto al alza y a la baja	Factor al alza y a la baja	p
H	Probabilidad de fracaso del proyecto	Probabilidad de fracaso	q
I	Precio al cual el cliente puede comprar el proyecto	Opción de compra (call)	C
J	Precio al cual el inversionista puede vender el proyecto	Opción de venta (put)	P
K	Años de la evaluación del proyecto	Número de ensayos	n
L	Tiempo de vencimiento del proyecto	Número de éxitos	k
M	Valor inferior de mercado	Árbol subyacente	As
N	Valor inferior del proyecto en el mercado	Árbol de la opción	Ao
O	Valor de compra del proyecto	Árbol opción call	Aoc
P	Valor de venta del proyecto	Árbol opción put	Aop

Fuente: Aristizábal (2012)

Según las especificaciones del modelo binomial para el cálculo de opciones reales es necesario establecer ciertos preceptos que ayudaran a entender la formación de valoración.

A. Spot (S_o)

Se obtiene mediante el flujo de caja descontado de un proyecto de inversión.

B. Strike (*X*)

Es el resultado de la multiplicación del flujo de caja descontando de un proyecto con el nivel de rendimiento futuro de la industria a la que pertenece la inversión.

C. Volatilidad (δ)

Uno de las primeras medidas se desprende de la volatilidad (δ) misma que es un elemento que le agrega incertidumbre al modelo de binomial. Su comprobación es el resultado de obtener una media logarítmica anualizada, valor bursátil generalizado para la determinación de la factibilidad de proyectos de inversión a nivel mundial. El resultado de este cálculo resulta en un número medio en porcentaje, ver en la tabla 2.

Tabla 2. Volatilidad

Número de Observaciones	**Cotización**	**Log Nat**	**Acumulado**	**Anualización**
O^n	C^n	Log Nat (C^n)	Log Nat (C^n) + O^n	$\sqrt{\text{Log Nat }(Cn) + On}$
Factor temporizado	$\sqrt{\frac{D_n}{O^n - 1}}$		**Volatilidad**	$Max\sqrt{\text{Log Nat (Cn)} + \text{On}}\, x \sqrt{\frac{D_n}{O^n - 1}}$

Nota: Donde D_n es el número de días de negociación = 252

Fuente: Elaboración propia

D. Tasa Libre de Riesgo

La tasa libre de riesgo es el rendimiento que puede tener un activo libre de riesgo. Existe un consenso prevaleciente en considerar como tasa libre de riesgo al rendimiento

ofrecido por los bonos del Tesoro de los Estados Unidos (T- bonds), pues en toda su historia esta entidad no ha incurrido en falta de pago a los inversionistas.

E. Factor al alza

Con la volatilidad calculada se obtienen los factores al alza:

$$Factor\ al\ alza = u = e^{\delta x \sqrt{\Delta t}}$$

Ecuación 6. Factor al alza

- Donde el factor al alza es el exponencial (*e*) de la volatilidad (*δ*) multiplicada por la raíz cuadrada de la variación del tiempo *(*Δt).

F. Factor a la baja

Con la volatilidad calculada se obtienen los factores a la baja.

$$Factor\ a\ la\ baja = d = \frac{1}{u}$$

Ecuación 7. Factor de baja

- Donde el factor a la baja es el resultado de dividir 1 entre el factor al alza (u)

G. Factor al alza y a la baja

Es la media entre el factor al alza y a la baja.

$$Probabilidad\ en\ los\ escenarios\ de\ alta\ y\ baja\ (media) = \ p = \frac{e^{r\left(\frac{t}{n}\right)} - d}{u - d}$$

Ecuación 8. Factor al alza y a la baja

H. Probabilidad de fracaso (*q*)

Probabilidad de que fracase el proyecto:

$$q = 1 - p$$

Ecuación 9. Probabilidad de fracaso

I. Valor Call (*C*)

Una opción call es el precio de compra del ejercicio.
El valor call se desarrolla de acuerdo a las siguientes consideraciones:

$$C = \frac{1}{(1+r)^t} = \sum_{k}^{n} \left[\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \, max\{(So^k d^{n-k} - X), 0\} \right]$$

Ecuación 10. Valor Call

J. Valor Put (*P*)

Una opción put es el precio de venta del ejercicio.
El valor put se desarrolla de acuerdo a las siguientes consideraciones:

$$P = \frac{1}{(1+r)^t} = \sum_{k}^{n} \left[\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \, max\{(X - So^k d^{n-k}), 0\} \right]$$

Ecuación 11. Valor Put

K. Número de ensayos (*n*)

Número de revisiones del proyecto en la obtención de la opción real.

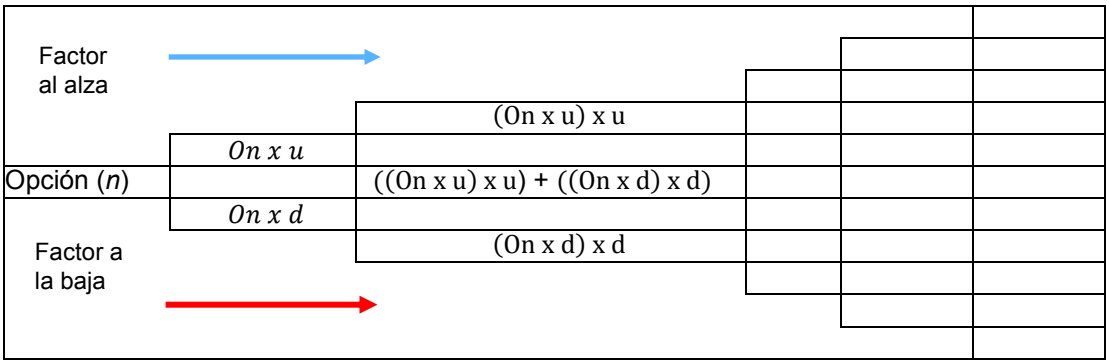
L. Número de éxitos (*k*)

Tiempo de duración del proyecto o de vencimiento.

M. Árbol subyacente (*As*)

Para la formación del árbol subyacente (valor inferior de mercado), se debe multiplicar el flujo descontado de la opción de inversión por el factor al alza, el cual se ubica en la primera casilla superior derecha. El proceso se repite con la opción con el factor a la baja, resultado que se ubica en la asilla inferior derecha. Para obtener una opción con los dos factores se suma tanto la opción con el factor al alza como la opción con el factor a la baja. El procedimiento se repite en los siguientes años hasta lograr obtener los resultados del año 5, ver tabla 3.

Tabla 3. Árbol del subyacente



Nota: O_n es igual a Opción (*n*)

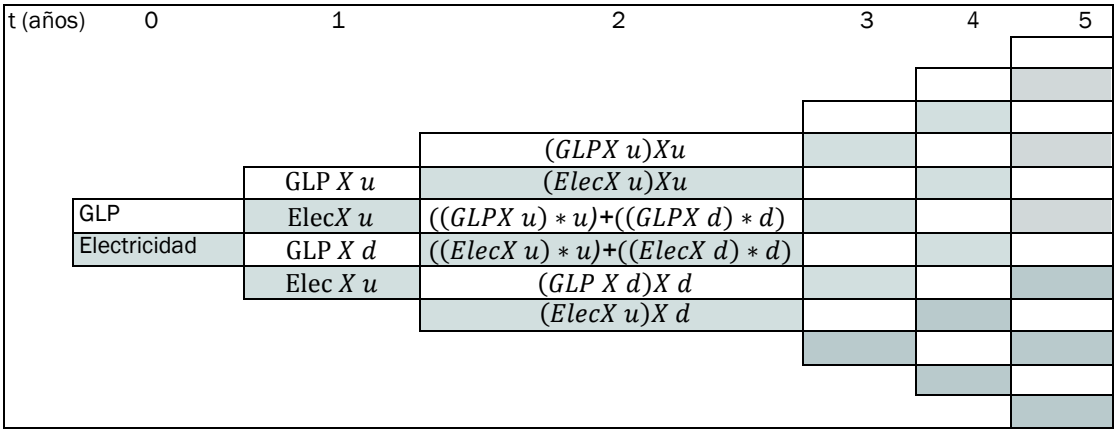
Fuente: Elaboración Propia

N. Árbol de la opción (*Ao*)

Para el árbol de la opción se realiza el mismo proceso del árbol subyacente, sin embargo, en este caso se añaden las variables del proyecto, se puede observar tabla 4.

- GLP (infraestructura en base a gas)
- Electricidad (infraestructura en base a electricidad)

Tabla 4. Árbol de la Opción



Fuente: Elaboración Propia

O. Árbol Opción Call (Aoc)

Este valor se desarrolla mediante la aplicación del call en *n* número de intentos con *k*. El árbol de la opción call se desarrolla a través de la aplicación de la siguiente sistematización, se puede apreciar en la tabla 5.

$$C = \frac{1}{(1+r)^t} = \sum_{k}^{n} \left[\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \, max\{(So^k d^{n-k} - X), 0\} \right]$$

Ecuación 12. Árbol Opción Call

Tabla 5. Árbol de la Opción CALL

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
5	$\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre VI y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}\right] \; x \; max$
4					
3					
2					
1					
0					
				Sumatorio	Esperanza del Proyecto (EP)
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$VAPC = EP \; x \frac{1}{(1+r)^t}$

Fuente: Elaboración Propia

P. Árbol Opción Put (*Aop*)

Este valor se desarrolla mediante la aplicación de la put en *n* número de intentos con *k*. El árbol de la opción put se desarrolla a través de la aplicación de la siguiente sistematización, se puede observar en la tabla 6.

Tabla 6. Árbol de la Opción PUT

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
5	$\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(X - So^k d^{n-k})$	Entre VI y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}\right] \; x \; max$
4					
3					
2					
1					
0					
				Sumatorio	Esperanza del Proyecto (EP)
				Valor Actual Proyecto de Venta (VAPV)	$VAPV = EP \; x \frac{1}{(1+r)^t}$

Fuente: Elaboración Propia

2.5. Decisión

La decisión se desarrolla una vez obtenidos los valores de todos los escenarios posibles de la inversión. Los precios de la call y la put sirven de referencia para tomar una decisión frente a la compra o la venta del proyecto, se puede apreciar en la tabla 7.

Tabla 7. Criterios de Decisión

Tipos de opciones reales	Opción de Venta (Put)	Opción de Compra (Call)
Diferir		✓
Expandir		✓
Prolongar (extensión)		✓
Abandonar	✓	
Reducir	✓	
Vender una fracción	✓	

Fuente Elaboración Propia:

Los criterios de decisión de compra o venta tienen los elementos diferir (retardar), expandir, prolongar (extensión), abandonar, reducir y vender una fracción. Adicional para tener una mejor perspectiva para la toma de decisiones se incluyen variables políticas, económicas y sociales, con el fin de disminuir el riesgo de pérdida.

Los criterios determinados por el método de opciones reales sirven para establecer la decisión en base a las alternativas de inversión, que luego de un análisis sistemático se muestran como factibles para su implementación. Adicional a estos criterios se emplea la conceptualización de incertidumbres estratégicas generadas por los macroentornos no controlables, ver figura 9.

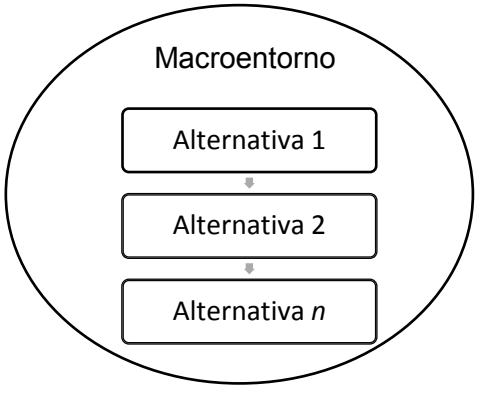


Figura 8. Alternativas de Decisión

Fuente: Elaboración Propia

2.5.1. Decisiones bajo criterios de compra (call)

Desde la perspectiva del comprador según los parámetros del modelo de opciones reales se pueden desarrollar tres tipos de decisiones el momento de comprar, éstas son:

- **Diferir:** De acuerdo a las condiciones económicas derivadas de cambios políticos, si la sociedad está renuente a realizar nuevas inversiones, lo más probable es que quien quiera invertir en un nuevo proyecto difiera su decisión, repartiendo la probabilidad de éxito o fracaso entre más compradores.

- **Expandir:** En el caso de que el futuro económico del entorno sea prometedor o pronostique crecimiento, el comprador al momento de invertir podría realizar una inversión mayor.
- **Prolongar:** De acuerdo a las condiciones económicas derivadas de cambios políticos, si la sociedad está renuente a realizar nuevas inversiones, lo más probable es que quien quiera invertir en un nuevo proyecto retarde su decisión.

2.5.2. Decisiones bajo criterios de venta (*put*)

Desde la perspectiva del vendedor según los parámetros del modelo de opciones reales se pueden desarrollar tres tipos de decisiones el momento de vender, éstas son:

- **Abandonar:** Si las condiciones economías a raíz de cambios políticos o sociales no establecen un escenario viable para a inversión, es decir las personas no están interesadas en comprar, el vendedor optará por abandona el proyecto.

- **Reducir:** En el caso de que el escenario económico, político y social den como resultado una economía en crecimiento, el vendedor optará por maximizar su proyecto para le venta, es decir aumentar capital para obtener mayores beneficios.

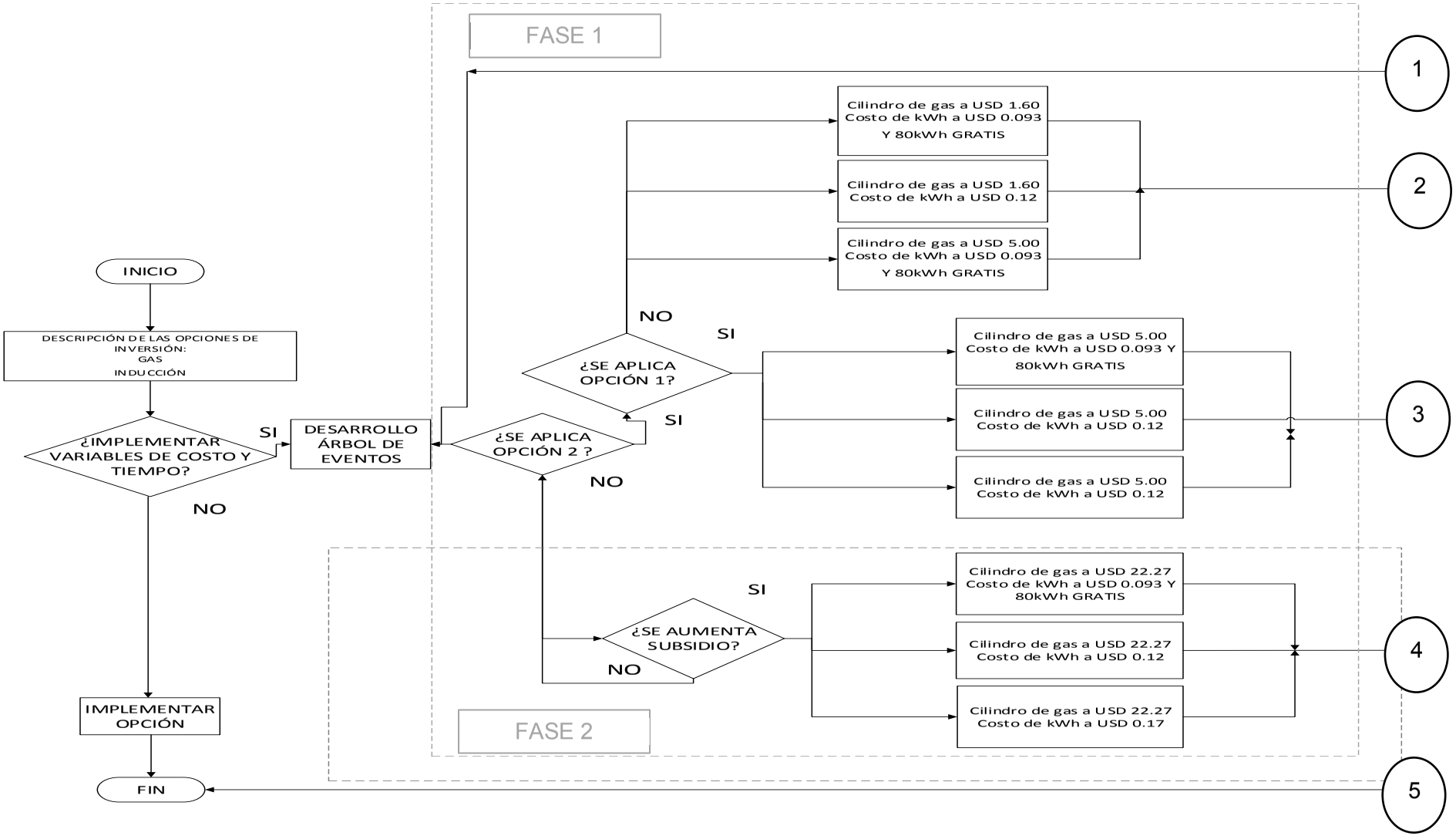
- **Vender una fracción:** De acuerdo a las condiciones del mercado, si se identifica un punto intermedio entre el crecimiento y decrecimiento económico, es decir existe incertidumbre por el futuro del entorno de la inversión, el vendedor optará por vender una parte o fracción.

3. APLICACIÓN NUMÉRICA

De acuerdo a los parámetros de estudio que han generado los objetivos del proyecto, se han obtenido los resultados de opciones reales en base al método binomial, de acuerdo a los parámetros de partida establecido por el árbol de eventos de donde se han desprendido 9 opciones las cuales serán evaluadas una por una para generar una opción de compra (Call) y una opción de venta (Put), y según los parámetros para la decisión de inversión escoger el proyecto más conveniente para el constructor; que puede elegir entre una infraestructura de cocción basado en gas o una basada en electricidad.

3.1 Sistematizaciones para el desarrollo de escenarios

La sistematización para el desarrollo de escenarios para la evaluación de opciones reales se basa en la metodología específica, misma que contempla la utilización de 4 procesos de análisis y síntesis que completan los parámetros para la toma de decisiones de inversión en base a los dos tipos de infraestructura (GLP e inducción). A los 4 procesos se le ha asignado 4 herramientas que se describen y desarrollan a continuación en base a las características de la inversión. Para establecer una perspectiva se estructura el mapa de procesos correspondiente al modelo de decisión. El modelo de decisión se divide en 4 fases; la primera se realiza a través del árbol de eventos en cual se desarrollan los posibles escenarios que podrían generarse en los años 2018 y 2019, conforme al mantenimiento, focalización y eliminación del subsidio al gas, con lo cual se desarrollan 9 escenarios de acuerdo a parámetros de cambios políticos / económicos; la segunda fase se establece a través del árbol de decisiones, el resultado de este procedimiento se encamina hacia el mantenimiento del subsidio del gas adicional al subsidio de electricidad más 80 kWh; la tercera fase se genera mediante el proceso de evaluación a través del método de opciones reales que con la introducción de variables sensibles al cambio como la volatilidad, tasa libre de riesgo, precio spot y precio strike se redefinen los valores de los proyectos determinados con flujos descontados; finalmente la cuarta dimensión es la decisión, para lo cual se utilizarán los criterios de la opción de venta (put) y la opción compra (call), para tomar una decisión de inversión, siendo importante considerar las posibilidades de deferir, expandir, prolongar, abandonar, reducir y vender una fracción, ver figura 10.


FASE 1
1
Cilindro de gas a USD 1.60
Costo de kWh a USD 0.093
Y 80kWh GRATIS
Cilindro de gas a USD 1.60
Costo de kWh a USD 0.12
Cilindro de gas a USD 5.00
Costo de kWh a USD 0.093
Y 80kWh GRATIS
2
INICIO
DESCRIPCIÓN DE LAS OPCIONES DE INVERSIÓN:
GAS
INDUCCIÓN
NO
SI
¿SE APLICA OPCIÓN 1?
Cilindro de gas a USD 5.00
Costo de kWh a USD 0.093 Y
80kWh GRATIS
Cilindro de gas a USD 5.00
Costo de kWh a USD 0.12
Cilindro de gas a USD 5.00
Costo de kWh a USD 0.12
3
¿IMPLEMENTAR VARIABLES DE COSTO Y TIEMPO?
SI
DESARROLLO ÁRBOL DE EVENTOS
¿SE APLICA OPCIÓN 2 ?
SI
NO
NO
SI
¿SE AUMENTA SUBSIDIO?
NO
Cilindro de gas a USD 22.27
Costo de kWh a USD 0.093 Y
80kWh GRATIS
Cilindro de gas a USD 22.27
Costo de kWh a USD 0.12
Cilindro de gas a USD 22.27
Costo de kWh a USD 0.17
4
FASE 2
IMPLEMENTAR OPCIÓN
FIN
5

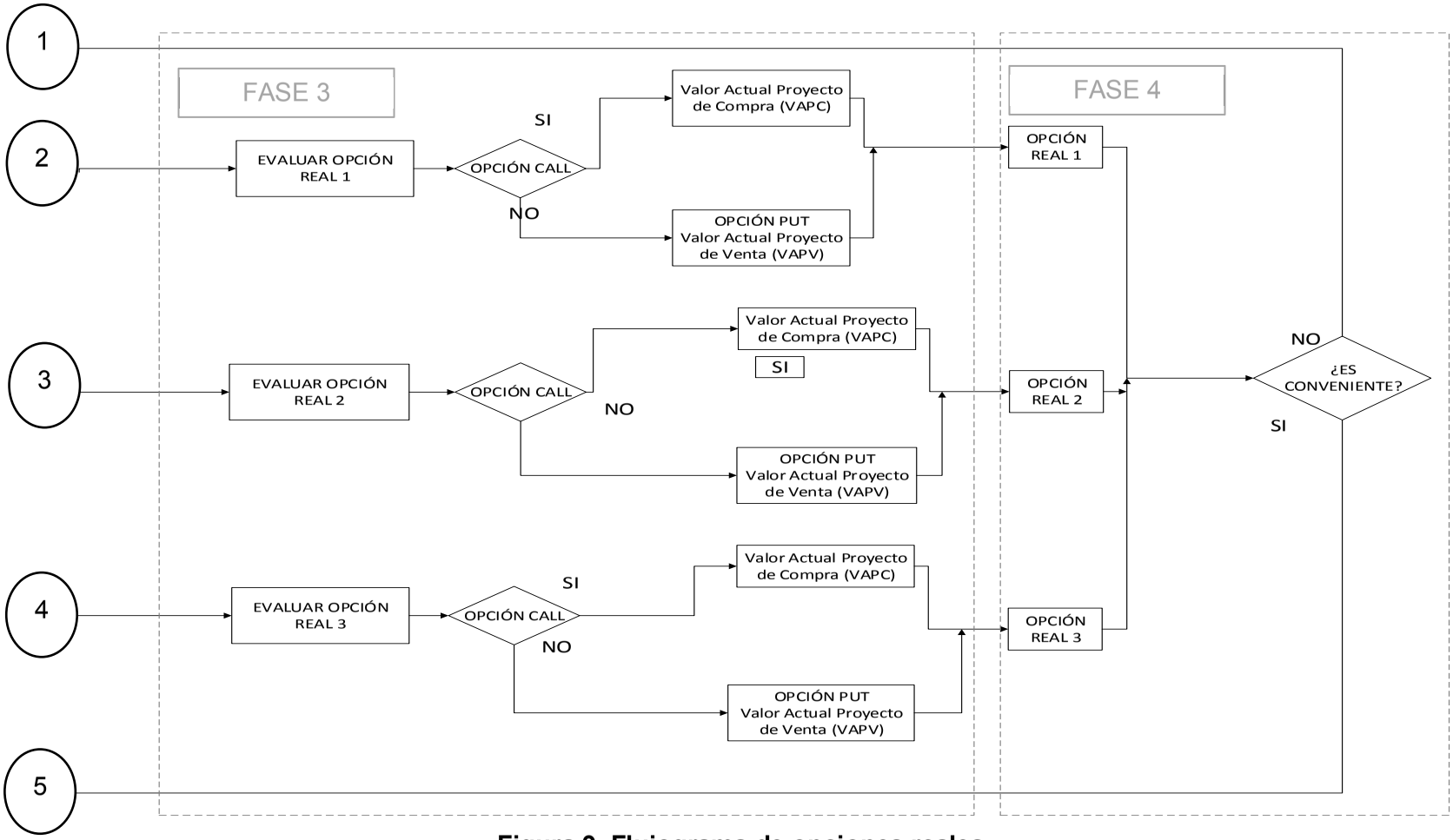


Figura 9. Flujograma de opciones reales

Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Árbol de Eventos del Proyecto

La realización del árbol de eventos es clave en el desarrollo del proyecto, por determina el abanico de opciones posibles para la determinación de la factibilidad de la inversión en la infraestructura de cocción el universo de eventos racionalmente posibles y por ende faculta de manera adecuada para el desarrollo del resto de procesos concernientes a la metodología. Dentro del árbol de eventos se consideró dos variables importantes: el subsidio al gas y el subsidio a la electricidad. Estas dos variables poseen los siguientes estados:

- Subsidio al gas: subsidio actual, re focalización de subsidio y eliminación del subsidio.
- Subsidio a la electricidad: subsidio actual más 80 kWh, re focalización del subsidio y eliminación del subsidio, se puede observar figura 11.

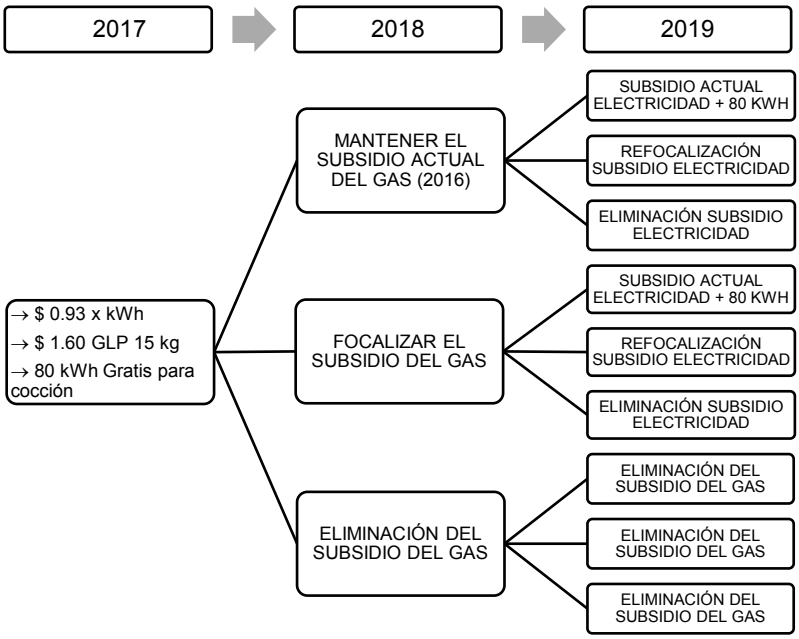


Figura 10. Árbol de eventos del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver en la figura, existe un universo de 9 posibles casos, que posteriormente se procederán a evaluar en busca de establecer la probabilidad de ocurrencia de cada uno de estos casos.

3.1.2 Árbol de Decisiones del Proyecto

Una vez definido el árbol de eventos, se procede a desarrollar el árbol de decisiones, en éste se generarán las alternativas que se deben considerar de acuerdo a los parámetros de las nueve posibilidades obtenidas. Para establecer un acercamiento al mejor escenario de inversión se asignan probabilidades según su nivel de ocurrencia; para esto se ha considerado la situación de la política social y económica actual, en donde existe una mayor posibilidad de que el subsidio del GLP de 15 kg se mantenga en conjunto con el subsidio actual de electricidad que adiciona 80 kWh, ver figura 12.

Factor A: 0,60

- Escenario 1: 0,70
- Escenario 2: 0,25
- Escenario 3: 0,05

Factor B: 0,30

- Escenario 4: 0,70
- Escenario 5: 0,25
- Escenario 6: 0,05

Factor C: 0,10

- Escenario 7: 0,70
- Escenario 8: 0,25
- Escenario 9: 0,05

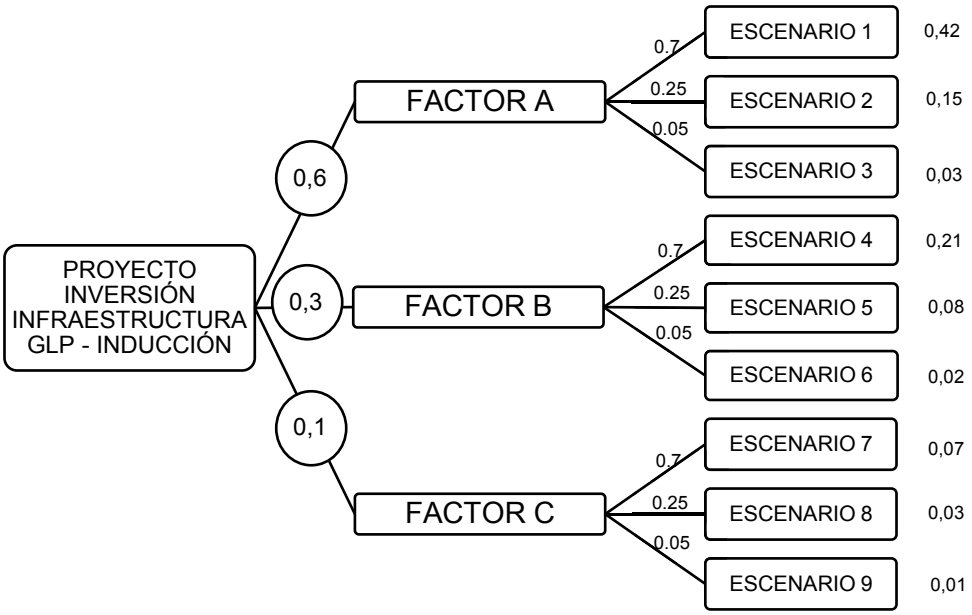


Figura 11. Árbol de decisiones

Fuente: Elaboración Propia

Para la obtención de las probabilidades de ocurrencia se multiplican los coeficientes de ceda factor por los coeficientes de cada escenario, dando como resultado un peso ponderado. En este sentido el resultado más alto es el de posible inversión. Este modelo

al considerar únicamente solo dos dimensiones probabilísticas no ofrece un resultado confiable, por lo que solo se utiliza como guía para la interpretación de los posibles escenarios que se formarían en un futuro inmediato.

De acuerdo las consideraciones de los factores políticos, económicos y sociales a través de los cuales se han asignado diferentes probabilidades a los 9 escenarios de inversión, se establece que el subsidio del gas se mantendrá adicional al subsidio actual electricidad más 80 kWh, con una probabilidad de ocurrencia de 42%, en el año 2018 y 2019.

Para tener una mejor perspectiva del desarrollo del árbol de decisiones, sus resultados se trasladan a una tabla que contienen las probabilidades y las derivaciones de las operaciones para cada escenario, se puede apreciar en la tabla 8.

Tabla 8. Tabla de probabilidades

Proyecto	**Factores**		**Escenarios**			**Resultados**		
1	1	0,6	1	2	3	1	2	3
			0,7	0,25	0,05	42%	15%	3%
	2	0,3	4	5	6	4	5	6
			0,7	0,25	0,05	21%	8%	2%
	3	0,1	7	8	9	7	8	9
			0,7	0,25	0,05	7%	3%	1%

Fuente: Elaboración propia

Con el análisis de los escenarios mediante la aplicación de criterios de opciones, es necesario establecer la alternativa de decisión más factible, con la integración de incertidumbres estratégicas derivadas del entorno económico, político y social del Ecuador que influyen en el comportamiento del subsidio del GLP de 15 kg y la tarifa de la electricidad, considerando que el objetivo del estudio es discernir entre la construcción de una infraestructura para cocción de GLP, de inducción o mixta, como se puede observar en la figura 13.

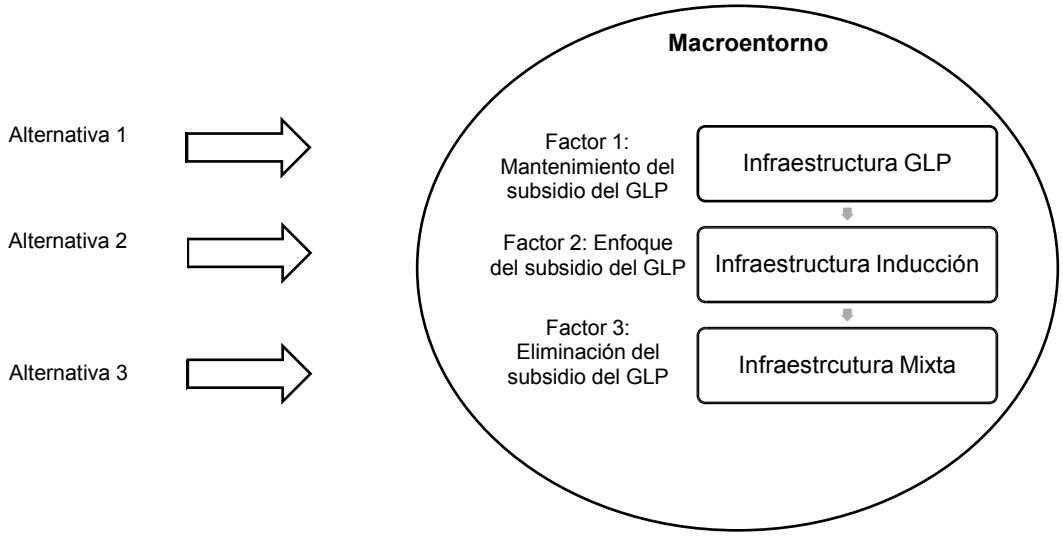


Figura 12. Alternativas de Decisión de Inversión

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Evaluación del Proyecto

Según las especificaciones del modelo binomial para el cálculo de opciones reales es necesario establecer los preceptos que ayudan a entender la formación de valoración de la inversión del proyecto.

Volatilidad

El resultado de este cálculo es un número medio en porcentaje. El factor de anualización es 252, es decir 252 experimentos u observaciones que se obtienen del ya mencionado SP – 500, se puede ver en la tabla 9.

Tabla 9. Volatilidad (δ)

Nº Observ.	Cotización		Log Nat	Acumulado	Anualización
1	2.238,83				
2	2.249,26		2,16027E-05	2,1603E-05	0,004647865
3	2.249,92		8,60758E-08	2,1689E-05	0,004657116
4	2.268,88		7,04199E-05	9,2109E-05	0,009597325

5	2.263,79		5,04415E-06	9,7153E-05	0,009856612
6	2.260,96		1,56475E-06	9,8718E-05	0,00993567
7	2.265,18		3,4772E-06	0,00010219	0,010109141
8	2.270,76		6,05333E-06	0,00010825	0,010404233
9	2.262,53		1,31836E-05	0,00012143	0,011019603
10	2.258,07		3,89348E-06	0,00012533	0,011194871
11	2.262,03		3,07011E-06	0,0001284	0,011331162
12	2.253,28		1,50211E-05	0,00014342	0,011975657
13	2.271,72		6,64277E-05	0,00020984	0,014485996
14	2.256,96		4,24906E-05	0,00025233	0,015885045
15	2.259,53		1,29516E-06	0,00025363	0,01592576
16	2.246,19		3,50627E-05	0,00028869	0,016990955
17	2.241,35		4,65301E-06	0,00029335	0,017127334
18	2.212,23		0,000171016	0,00046436	0,021549049
19	2.204,71		1,15945E-05	0,00047596	0,021816417
20	2.191,95		3,36913E-05	0,00050965	0,022575371
21	2.191,08		1,57598E-07	0,0005098	0,022578861

Fuente: Elaboración Propia

La volatilidad (δ) se obtiene multiplicando la el valor mayor por el factor de anualización *3,55*, valor obtenido con interpolación para reducir los 252 días de medición a 21, dando como resultado 8,01% de volatilidad. Este factor se utiliza en todo el proceso de valoración de los proyectos de construcción, se puede apreciar en la figura 14.

Figura 13. Volatilidad *(δ)*

Fuente: Elaboración propia

Tasa Libre de Riesgo

Tasa base T- bonds Estados Unidos, se toma esta tasa libre de riesgo medida hasta diciembre de 2017 para la configuración del modelo de binomial de opciones reales. Esta tasa se sitúa en 2,74%.

Precio Spot

Este valor corresponde al flujo de caja descontado obtenido en cada escenario tanto para la opción de infraestructura de cocción de gas y eléctrica, es decir es el precio al cual se vende el proyecto desde la perspectiva del desarrollador de la construcción.

Precio Strike

Para obtener este valor se multiplica el flujo de caja descontado por la tasa de una acción valorad en el mercado internacional, consecuentemente a cada proyecto le corresponde:

a. **Proyecto Cocción Gas:** PetroChina Company Limited (PTR); rendimiento futuro 2,32%.
b. **Proyecto Cocción Electricidad:** Emerson Electric Co. (EMR); rendimiento futuro 2,92%.

Siendo estos los factores que generan el precio Strike, con el cual a partir del modelo binomial de opciones reales se realizan las valoraciones para invertir o no en los proyectos de construcción.

3.1.4 Escenarios

Para el desarrollo de escenarios posibles del proyecto a través de la aplicación del modelo de opciones reales se tienen 9 alternativas, de las cuales se han escogido 3, una por cada escenario, de acuerdo al mayor nivel de probabilidad, los cuales se analizan detenidamente para establecer las diferencias económicas y financieras que puede generar mejores rendimientos para la inversión, ver tabla 10.

Tabla 10. Tabla de probabilidades

Proyecto	Factores		Escenarios			Resultados		
1	1	0,6	1	2	3	1	2	3
			0,7	0,25	0,05	42%	15%	3%
	2	0,3	4	5	6	4	5	6
			0,7	0,25	0,05	21%	8%	2%
	3	0,1	7	8	9	7	8	9
			0,7	0,25	0,05	7%	3%	1%

Fuente: Elaboración propia

Con los parámetros establecidos anteriormente se han escogido los escenarios 1, 4 y 7, el resto de cosos se desarrollan de forma sintética haciendo un resumen sus opciones CALL y PUT, los cuales también aportan a la toma de decisiones y plantea las posibles opciones en escenarios adversos.

3.1.4.1 Factor 1: Mantenimiento del subsidio de GLP

A través de este factor se analizan los 3 primeros escenarios establecidos para los siguientes parámetros, observar tabla 11.

Tabla 11. Escenarios: Factor 1

ESCENARIO	Hasta diciembre del 2017	Desde enero del 2018	Precio
1	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 1.60	1,6
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.093 Y 80kWh GRATIS	0,093
2	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 1.60	1,6
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.12	0,12
3	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 1.60	1,6
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0,17	0,17

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las condiciones de los 3 escenarios, se mantiene constante el precio del GLP de 15 kg en 1,60 USD y varía el precio de la tarifa eléctrica.

3.1.4.1.1 Escenario 1

Dentro del escenario 1 se contemplan las dos opciones de inversión; GLP e inducción, posibles infraestructuras que se emplearán para un total de 28 departamentos.

GLP

Para el desarrollo del primer escenario con GLP, se establece el flujo de efectivo descontado para la construcción de la infraestructura de cocción basado en gas, en donde se asume que para hasta diciembre del año 2017 se tiene un precio del cilindro del gas de 15 kg en 1,60 USD, además se proyecta que para el año 2018 el gas se

mantenga con el mismo precio (1,60 USD). Con estos datos a través de matemática financiera se obtuvo el flujo descontado del proyecto de construcción, el cual asciende a $48.176,09 USD, considerando la edificación de 28 departamentos para una familia de compuesta por cuatro personas, se puede ver en la tabla 12.

Tabla 12. Características Escenario 1: GLP

Escenario	Hasta diciembre del 2017	Desde enero del 2018	Precio	Flujo Descontado
1	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 1.60	1,6	$ $48.176,09

Fuente: Elaboración Propia

El objetivo de la aplicación del modelo binomial de opciones reales es someter al flujo descontado o valor del proyecto (spot) a un proceso de valoración a través de factores de incertidumbre, cuya medición hacen que la sensibilidad del proyecto asuma las variaciones del mercado económico y financiero. En este sentido el primer paso para establecer la opción de inversión es el desarrollo de la CALL, de acuerdo a los siguientes parámetros, ver tabla 13.

Tabla 13. Parámetros Escenario 1: GLP

Denominación	Definición	Valor
$C=$	Opción de Compra	?
$P=$	Opción de Venta	?
δ	Volatilidad	0,08
$r=$	Tasa libre de riesgo	0,0274
$n=$	Número de ensayos	5
$k=$	Número de éxitos	5
$S_o=$	Spot	$48.176,09
$X=$	Strike	$49.293,77
$u=$	$u = e^{\delta x \sqrt{\Delta t}}$	1,036492929
$d=$	$d = \frac{1}{u}$	0,964791917
$p=$	Probabilidad en los escenarios de alta y baja (media) $p = \frac{e^{r\left(\frac{t}{n}\right)} - d}{u - d}$	0,567678538
$q=$	Probabilidad de fracaso	0,432321462

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se describen los elementos de la CALL para determinar la valoración de venta del proyecto en un horizonte de 5 años, con 5 periodos de revisión, que le permitirán detectar al inversionista la presencia de efectos fuera de los parámetros establecidos (S_p>S_t), por lo que a continuación se presenta el desarrollo del primer escenario a través de una opción CALL, observar tabla 14.

Tabla 14. Árbol de la Opción CALL Escenario 1: GLP

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
	$\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,058953878	$57.631,94	$8.338,17	$8.338,17	$491,57
4	0,224484677	$53.645,16	$53.644,12	$53.644,12	$12.042,28
3	0,341917255	$49.934,17	$49.933,61	$49.933,61	$17.073,16
2	0,260390622	$46.479,90	$46.479,90	$46.479,90	$12.102,93
1	0,099151586	$43.264,58	$43.264,58	$43.264,58	$4.289,75
0	0,015101983	$40.271,69	$40.271,69	$40.271,69	$608,18
				Sumatorio	$46.607,88
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$45.364,88

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante la aplicación del modelo binomial de opciones reales a través de la opción CALL, se tiene una valoración del proyecto de 45.364,88 USD, es decir, este es el valor del proyecto para compra. Este valor debe ser comparado con la opción PUT para establecer si bajo los condicionamientos del escenario 1, es factible expandirse o vender.

Continuando con el análisis se desarrolla la valoración del proyecto con la opción PUT o de venta, para establecer el valor de la inversión bajo parámetros externos económicos y financieros, revisar tabla 15.

Tabla 15. Árbol de la Opción PUT Escenario 1: GLP

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
	$\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,05895388	$57.631,94	$9.455,85	$9.455,85	$557,46
4	0,22448468	$53.645,16	$53.645,16	$53.645,16	$12.042,52
3	0,34191725	$49.934,17	$49.933,21	$49.933,21	$17.073,03
2	0,26039062	$46.479,90	$46.479,47	$46.479,47	$12.102,82
1	0,09915159	$43.264,58	$43.264,58	$43.264,58	$4.289,75
0	0,01510198	$40.271,69	$40.271,69	$40.271,69	$608,18

				Sumatorio	$ 46.673,75
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$ 45.429,00

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados del valor PUT del proyecto se tiene un precio de 45.429,00 USD mayor al valor CALL. En consecuencia, para lograr decidir sobre el primer escenario, es necesario aplicar las directrices de decisión establecidas por el modelo binomial.

Tabla 16. Criterios de Decisión Escenario 1: GLP

Tipos de opciones reales	**Opción de Venta (Put)** $45.429,00	**Opción de Compra (Call)** $45.364,88
Diferir (retardar)		
Expandir		
Prolongar (extensión)		x
Abandonar		
Reducir	x	
Vender una fracción	x	

Fuente: Elaboración Propia

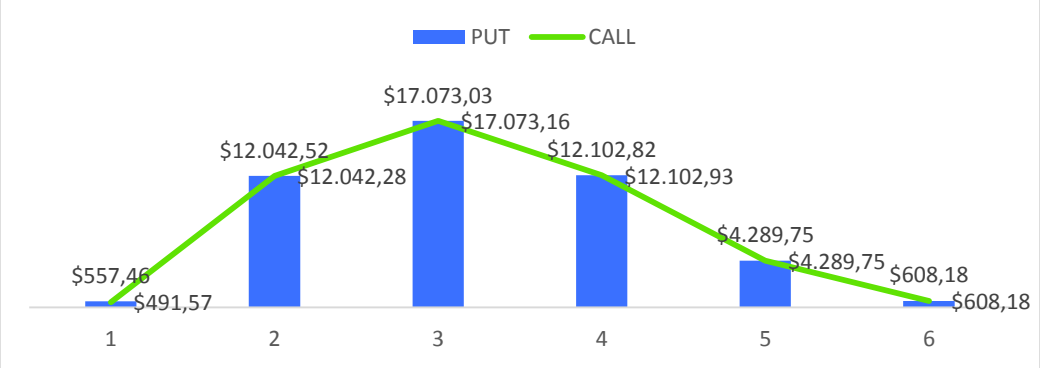


Figura 14. Escenario CALL & PUT

Fuente: Elaboración Propia

A través de la figura 15 se puede apreciar que el valor de venta se ha mantenido similar al del valor de compra, siendo casi coincidentes en todos los periodos, siendo el nivel 1 el que tiene una mayor diferencia, por lo que en ese punto se podría haber escogido la opción de compra. Sin embargo, de acuerdo a estos condicionantes y según las variables del mercado se debe escoger la opción de venta; para reducir o vender una parte del proyecto.

Al ser la opción de venta la que ofrece un mayor retorno, es necesario compararla con el flujo de descontado para determinar el nivel de costos más conveniente para la inversión con un precio del GLP de 15 kg de 1,60 USD.

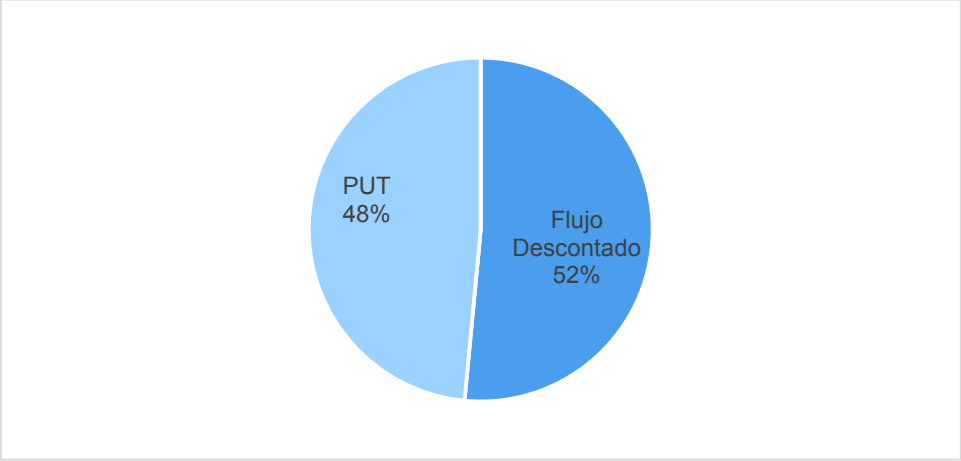


Figura 15. Flujo Descotando vs PUT Escenario 1: GLP

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16, al tener un valor PUT menor en 4% que el valor del flujo descontado, la alternativa más factible es la obtenida a través del método de opciones reales, que le permite al inversionista obtener un nivel mayor de rentabilidad.

Inducción

Para el desarrollo del primer escenario con inducción, se determina el flujo de efectivo descontado para la construcción de esta infraestructura, en donde se asume que hasta diciembre del año 2017 se tiene una gratuidad de 80 kWh + 20 kWh de electricidad, además se proyecta que para el año 2018 el costo de electricidad por kilovatio será de 0,093 USD y 80 kWh gratis. Con estos datos a través de matemática financiera se obtuvo el flujo descontado del proyecto de construcción, el cual asciende a 102.549,61 USD, considerando un total de 28 departamentos para una familia de compuesta por cuatro personas, ver tabla 17.

Tabla 17. Características Escenario 1: Inducción

Escenario	Hasta diciembre del 2017	Desde enero del 2018	Precio	Flujo Descontado

1	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.093 Y 80kWh GRATIS	0,093	$ 102.549,61

Fuente: Elaboración Propia

El fin de la aplicación del modelo binomial de opciones reales es someter al flujo descontado o valor del proyecto (spot) a un proceso de valoración a través de factores de incertidumbre, cuya medición hacen que la sensibilidad del proyecto asuma las variaciones del mercado económico y financiero. Por lo que para establecer la opción de inversión es el desarrollo de la CALL, de acuerdo a los siguientes parámetros, observar tabla 18.

Tabla 18. Parámetros Escenario 1: Inducción

Denominación	Definición	Valor
$C=$	Opción de Compra	?
$P=$	Opción de Venta	?
δ	Volatilidad	0,08
$r=$	Tasa libre de riesgo	0,0274
$n=$	Número de ensayos	5
$k=$	Número de éxitos	1
$S_o=$	Spot	$102.549,61
$X=$	Strike	$105.544,06
$u=$	$u = e^{\delta x \sqrt{\Delta t}}$	1,036492929
$d=$	$d = \frac{1}{u}$	0,964791917
$p=$	Probabilidad en los escenarios de alta y baja (media) $p = \frac{e^{r\left(\frac{t}{n}\right)} - d}{u - d}$	0,567678538
$q=$	Probabilidad de fracaso	0,432321462

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 19 se describen los elementos de la CALL para determinar la valoración de venta del proyecto en un horizonte de 5 años, con 5 periodos de revisión, que le permitirán detectar al inversionista la presencia de efectos fuera de los parámetros establecidos (S_p>S_t), por lo que a continuación se presenta el desarrollo del primer escenario a través de una opción CALL.

Tabla 19. Árbol de la Opción CALL Escenario 1: Inducción

Numero de	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad

Aciertos	$\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,058953878	$122.677,73	$17.133,67	$17.133,67	$1.010,10
4	0,224484677	$114.191,30	$114.190,27	$114.190,27	$25.633,97
3	0,341917255	$106.291,94	$106.291,37	$106.291,37	$36.342,86
2	0,260390622	$98.939,03	$98.939,03	$98.939,03	$25.762,80
1	0,099151586	$92.094,77	$92.094,77	$92.094,77	$9.131,34
0	0,015101983	$85.723,97	$85.723,97	$85.723,97	$1.294,60
				Sumatorio	$99.175,66
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$96.530,72

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados la opción CALL tiene una valoración de 96.530,72 USD, es decir, este es el valor del proyecto para la compra. Este valor debe ser comparado con la opción PUT para establecer si bajo los condicionamientos del escenario 1, es factible abandonar, reducir o vender una fracción

Adicional como complemento del análisis se desarrolla la valoración del proyecto con la opción PUT o de venta, para establecer el valor de la inversión bajo parámetros externos económicos y financieros, se puede observar 20.

Tabla 20. Árbol de la Opción PUT Escenario 1: Inducción

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
	$\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre *V* y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,05895388	$122.677,73	$20.128,12	$20.128,12	$1.186,63
4	0,22448468	$114.191,30	$114.191,30	$114.191,30	$25.634,20
3	0,34191725	$106.291,94	$106.290,98	$106.290,98	$36.342,72
2	0,26039062	$98.939,03	$98.938,60	$98.938,60	$25.762,68
1	0,09915159	$92.094,77	$92.094,77	$92.094,77	$9.131,34
0	0,01510198	$85.723,97	$85.723,97	$85.723,97	$1.294,60
				Sumatorio	$ 99.352,18
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$ 96.702,53

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados del valor PUT del proyecto se tiene un costo de 96.702,53 USD mayor al valor CALL. En consecuencia, para lograr decidir sobre el primer escenario con relación a la infraestructura de inducción, es necesario aplicar las directrices de decisión establecidas por el modelo binomial, ver tabla 21.

Tabla 21. Criterios de Decisión Escenario 1: Inducción

Tipos de opciones reales	Opción de Venta (Put) $96.702,53	Opción de Compra (Call) $96.530,72
Diferir (retardar)		x
Expandir		
Prolongar (extensión)		
Abandonar		
Reducir		
Vender una fracción	x	

Fuente: Elaboración Propia

Al tener una diferencia no significativa en los costos de put y call, y según las condiciones externas del mercado (economía y política), los criterios de decisión se basan en la perspectiva del inversionista. Las mejores opciones planteadas se basan tanto en la venta como en la compra: para la venta será factible vender una fracción del proyecto y generar más recursos en el futuro con la parte del inversionista, pues el costo de venta es mayor al de compra; para la compra al tener un costo menor al de venta, lo mejor será diferir, es decir, que el riesgo se divida entre más compradores para disminuir la perdida, observar figura 17.

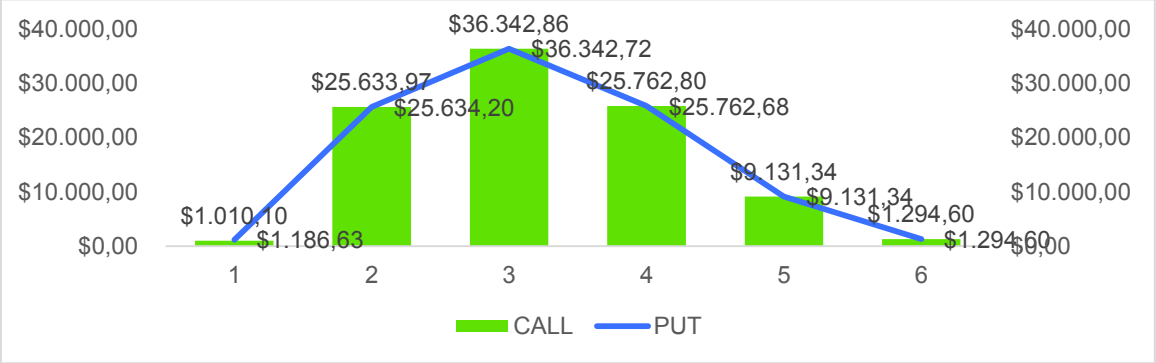


Figura 16. Escenario CALL & PUT

Tanto el valor de venta (put) como el de compra (call) son similares en el desarrollo de proyecto difiriendo únicamente en el nivel 1, sin embargo, los resultados finales al obtener el valor presente de los costos de put y call, las opciones de venta con la "venta de una fracción" se muestra como la más óptima.

La opción de venta es al que ofrece un mayor retorno, por lo que, para establecer la diferencia con los flujos descontados, es necesario compararla para determinar el nivel de costos más beneficioso para la inversión con un costo de kWh a USD 0.093 y 80kWh gratis, como se puede observar la figura 18.

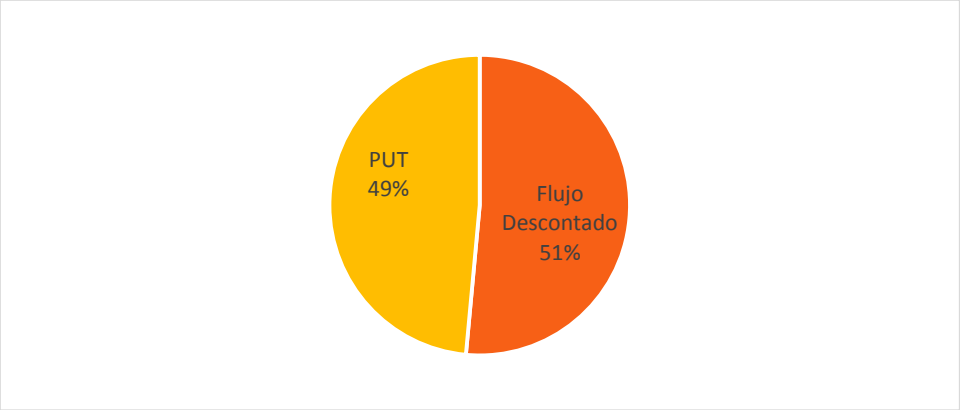
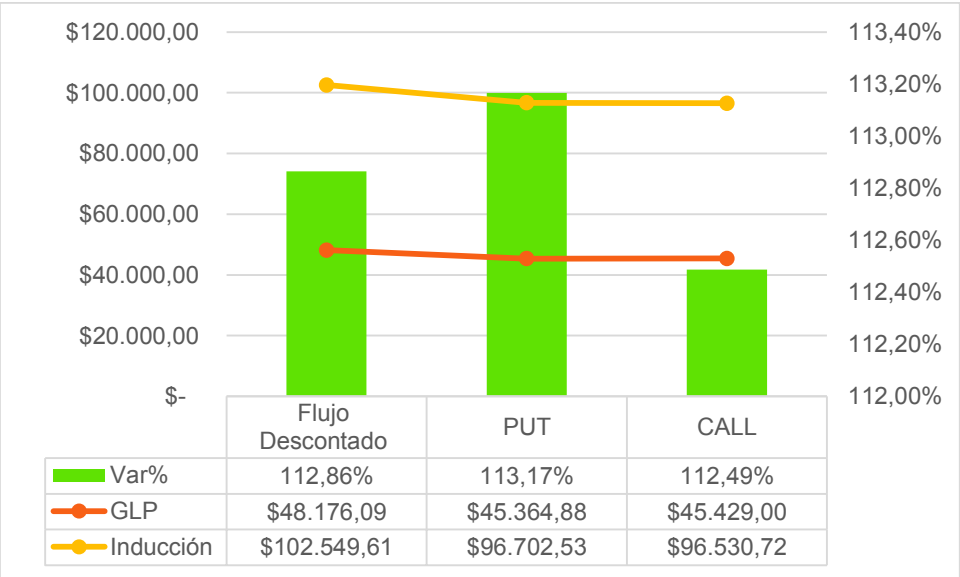


Figura 17. Flujo Descotando vs PUT Escenario 1: Inducción

Fuente: Elaboración Propia

Con un valor PUT menor en 2% que el valor del flujo descontado, la alternativa más factible es la obtenida a través del método de opciones reales, que le permite al inversionista obtener un nivel mayor de rentabilidad.

Obtenidos los resultados de inversión a través de opciones reales para el escenario 1, tanto para infraestructura de GLP e inducción, se debe hacer la comparación entre estas dos alternativas y determinar cuál es la más conveniente para la implementación en los proyectos habitacionales.



	Flujo Descontado	PUT	CALL
Var%	112,86%	113,17%	112,49%
GLP	$48.176,09	$45.364,88	$45.429,00
Inducción	$102.549,61	$96.702,53	$96.530,72

Figura 18. Escenario 1: Flujo Descotando vs PUT vs CALL: GLP – Inducción

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 19, los resultados de la aplicación del modelo de opciones reales hacen evidente que la mejor alternativa de inversión es la infraestructura de cocción de GLP, con una PUT que establece una diferencia de costos de 113,17%, por lo que con esta opción de podrán obtener mayores beneficios desde el punto de vista del inversionista.

3.1.4.1.2 Escenario 2 – 3

De forma sintética se presentan los resultados de los escenarios 2 y 3, los cuales tienen menor probabilidad de ocurrencia con el mantenimiento del subsidio del GLP, ver tabla 22.

Tabla 22. Evaluación Escenarios: 2 - 3

Escenario	Tipo	Precio	Flujo Descontado	PUT	CALL	VAR %	BENEFICIOS GLP / Inducción
2	GLP	1,6 15 KG	$48.176,09	$45.429,00	$45.364,88	0,141%	191,28%
	Inducción	0,12 kWh	$140.324,23	$132.323,51	$132.088,40	0,178%	
3	GLP	1,6 15 KG	$48.176,09	$45.429,00	$45.364,88	0,141%	263,34%
	Inducción	0,17 kWh	$175.042,21	$165.062,12	$164.768,84	0,178%	

Fuente: Elaboración Propia

Con la evaluación de los escenarios 2 y 3 se puede concluir que se desarrolla una relación inversamente proporcional entre la inversión de infraestructura de GLP e inducción, pues mientras más crece la inversión de la infraestructura de cocción de inducción (por las condiciones económicas y políticas) más amplio es el margen de beneficios (menores costos y mayores utilidades) de la infraestructura de cocción de GLP, pues el precio del GLP de 15 kg se mantiene constante, mientras que el precio por kWh aumenta, de esta forma para el escenario 2 el beneficio del GLP / Inducción es de 191,28% con un costo por kWh de 0,12 USD y para el escenario 3 este se incrementa a 263,34% con un costo por kWh de 0,17 USD, sin embargo, la probabilidad de que estos eventos ocurran es menor con el 0,15% y 0,03% para el escenario 2 y 3 respectivamente.

3.1.4.1.3 Decisión Factor 1: Mantenimiento del Subsidio GLP

Luego de haber analizado los 3 escenarios dentro con las condiciones de mantenimiento del subsidio de GLP y variación del precio de la tarifa eléctrica, se evalúan los resultados de la aplicación del método de opciones reales para las tres alternativas; infraestructura de cocción GLP, de inducción y mixta, como se puede apreciar tabla 23.

Tabla 23. Alternativas de Decisión Factor 1: Manteamiento del subsidio de GLP

Escenario	Infraestructura	Flujo Descontado	PUT	CALL	BENEFICIOS GLP / Inducción
1	GLP	$ 48.176,09	$ 45.429,00	$ 45.364,88	112,87%
	Inducción	$ 102.549,61	$ 96.702,53	$ 96.530,72	
	Mixto	$ 150.725,69	$ 142.131,53	$ 141.895,59	
2	GLP	$ 48.176,09	$ 45.429,00	$ 45.364,88	191,28%
	Inducción	$ 140.324,23	$ 132.323,51	$ 132.088,40	
	Mixto	$ 188.500,32	$ 177.752,51	$ 177.453,28	
3	GLP	$ 48.176,09	$ 45.429,00	$ 45.364,88	263,34%
	Inducción	$ 175.042,21	$ 165.062,12	$ 164.768,84	
	Mixto	$ 223.218,30	$ 210.491,12	$ 210.133,72	

Fuente: Elaboración Propia

La alternativa de decisión más factible se presenta en el escenario 1, a través de la infraestructura de cocción de GLP con el condicionamiento del mantenimiento del subsidio del GLP de 15 kg con un valor de 1,60 USD y la tarifa eléctrica de 0,09 USD/kWh, resultado una PUT de 45.429,00 USD pues se muestra como conveniente en comparación con los costos de inversión de la infraestructura de cocción de inducción que tiene un PUT de 96.702,53 USD. Sin embargo, como respuesta a las necesidades de la población resulta adecuado establecer los costos de inversión de una infraestructura mixta que contemple las dos estructuras, con el objetivo de mejorar la capacidad de respuesta del proyecto bajo condiciones incertidumbre, por lo que esta alternativa tiene un valor de 142.131,53 USD.

3.1.4.2 Factor 2: Focalización del subsidio de GLP

Mediante este factor se analizan los escenarios 4, 5 y 6 determinados por los siguientes parámetros, ver tabla 24.

Tabla 24. Escenarios: Factor 2

ESCENARIO	Hasta diciembre del 2017	Desde enero del 2018	Precio
4	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 5,00	5,00
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.093 Y 80kWh GRATIS	0,093
5	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 5,00	5,00
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.12	0,12
6	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 5,00	5,00
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0,17	0,17

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 24, las condiciones de los 3 escenarios, se mantiene constante el precio del GLP de 15 kg en 5,00 USD y varía el precio de la tarifa eléctrica.

3.1.4.2.1 Escenario 4

El desarrollo del escenario 4 tiene el mismo procedimiento de los anteriores ya descritos, por lo que se consideran las dos opciones de inversión; GLP e inducción, posibles infraestructuras que se emplearán para un total de 28 departamentos.

GLP

Se puede apreciar en la tabla 25, para el escenario 4 con GLP, se determina el flujo de efectivo descontado para la construcción de la infraestructura de cocción basado en gas, en donde se asume que para hasta diciembre del año 2017 se tiene un precio del cilindro del gas de 15 kg en 1,60 USD, además se proyecta que para el año 2018 se focalice el subsidio del GLP con lo que el precio aumenta a 5 USD. Con esta información mediante matemática financiera se obtuvo el flujo descontado del proyecto de construcción, el cual asciende a $66.679,25, considerando la edificación de 28 departamentos para una familia 4 integrantes.

Tabla 25. Características Escenario 4: GLP

Escenario	Hasta diciembre del 2017	Desde enero del 2018	Precio	Flujo Descontado
1	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 5.00	5.00	$66.679,25

Fuente: Elaboración Propia

A través de la aplicación del modelo binomial se procesa el flujo descontado (spot) mediante elementos de incertidumbre, pues su influencia produce que la sensibilidad del proyecto contemple las variaciones del mercado económico y financiero. Consecuentemente para el escenario 4 se establecen los siguientes parámetros se puede observar tabla 26:

Tabla 26. Parámetros Escenario 4: GLP

Denominación	Definición	Valor
$C=$	Opción de Compra	?
$P=$	Opción de Venta	?
δ	Volatilidad	0,08
$r=$	Tasa libre de riesgo	0,0274
$n=$	Número de ensayos	5
$k=$	Número de éxitos	1
$S_o=$	Spot	$66.679,25
$X=$	Strike	$68.226,21
$u=$	$u = e^{\delta x \sqrt{\Delta t}}$	1,036492929
$d=$	$d = \frac{1}{u}$	0,964791917
$p=$	Probabilidad en los escenarios de alta y baja (media) $p = \frac{e^{r\left(\frac{t}{n}\right)} - d}{u - d}$	0,567678538
$q=$	Probabilidad de fracaso	0,432321462

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 27 se detallan los factores de la CALL para establecer la valoración de la compra del proyecto en un horizonte de 5 años, con 5 periodos de revisión, que le permitirán detectar al inversionista la presencia de efectos fuera de los parámetros establecidos (S_p>S_t), por lo que a continuación se presenta el desarrollo del escenario 4 a través de una opción CALL.

Tabla 27. Árbol de la Opción CALL Escenario 4: GLP

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
	$\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,058953878	$79.766,85	$11.540,64	$11.540,64	$680,37
4	0,224484677	$74.248,85	$74.247,81	$74.247,81	$16.667,50
3	0,341917255	$69.112,57	$69.112,00	$69.112,00	$23.630,59
2	0,260390622	$64.331,60	$64.331,60	$64.331,60	$16.751,35
1	0,099151586	$59.881,36	$59.881,36	$59.881,36	$5.937,33
0	0,015101983	$55.738,98	$55.738,98	$55.738,98	$841,77

				Sumatorio	$64.508,89
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$62.788,49

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados de la opción CALL, se tiene una valoración del proyecto de 62.788,49 USD, este es el valor del proyecto para la compra, mismo que debe ser comparado con la opción PUT para establecer si bajo los condicionamientos del escenario 4, es factible abandonar, reducir o vender una fracción.

Complementariamente se valora el proyecto con la opción PUT o de venta, para determinar el valor de la inversión bajo parámetros externos económicos y financieros.

Tabla 28. Árbol de la Opción PUT Escenario 4: GLP

Numero de Aciertos	**Probabilidad (Binomial)**	**Valor Futuro del Proyecto**	**Valor Intrínseco (VI)**	**Max**	**Max x Probabilidad**
	$\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,05895388	$79.766,85	$13.087,60	$13.087,60	$771,56
4	0,22448468	$74.248,85	$74.248,85	$74.248,85	$16.667,73
3	0,34191725	$69.112,57	$69.111,61	$69.111,61	$23.630,45
2	0,26039062	$64.331,60	$64.331,17	$64.331,17	$16.751,23
1	0,09915159	$59.881,36	$59.881,36	$59.881,36	$5.937,33
0	0,01510198	$55.738,98	$55.738,98	$55.738,98	$841,77
				Sumatorio	$64.600,08
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$62.877,24

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 28, los resultados del valor PUT del proyecto se tiene una valoración de 62.877,24 USD mayor al valor CALL. Por lo que para lograr decidir en el escenario 4, es fundamental aplicar las directrices de decisión establecidas por el modelo binomial.

Tabla 29. Criterios de Decisión Escenario 4: GLP

Tipos de opciones reales	**Opción de Venta (Put)** $62.877,24	**Opción de Compra (Call)** $62.788,49
Diferir (retardar)		
Expandir		x
Prolongar (extensión)		
Abandonar		
Reducir		
Vender una fracción	x	

Fuente: Elaboración Propia

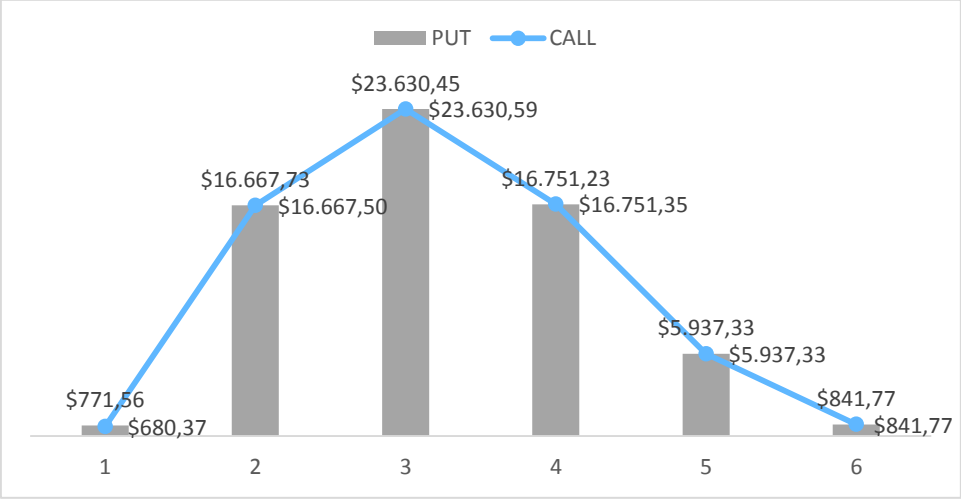


Figura 19. Escenario 4: CALL & PUT GLP

Fuente: Elaboración propia

Mediante la figura 20, se puede apreciar que el valor de venta se ha mantenido similar al de compra, siendo casi iguales en todos los periodos, siendo el nivel 1 el que tiene una mayor diferencia, por lo que en ese punto se podría haber escogido la opción de compra. Sin embargo, de acuerdo a estos condicionantes y según las variables del mercado se debe escoger la opción de venta; para vender una parte del proyecto.

La opción de venta es la que ofrece un mayor retorno, por lo que es fundamental compararla con el flujo de descontado para determinar el nivel de costos más conveniente para la inversión con un precio del GLP de 15 kg a 5.00 USD.

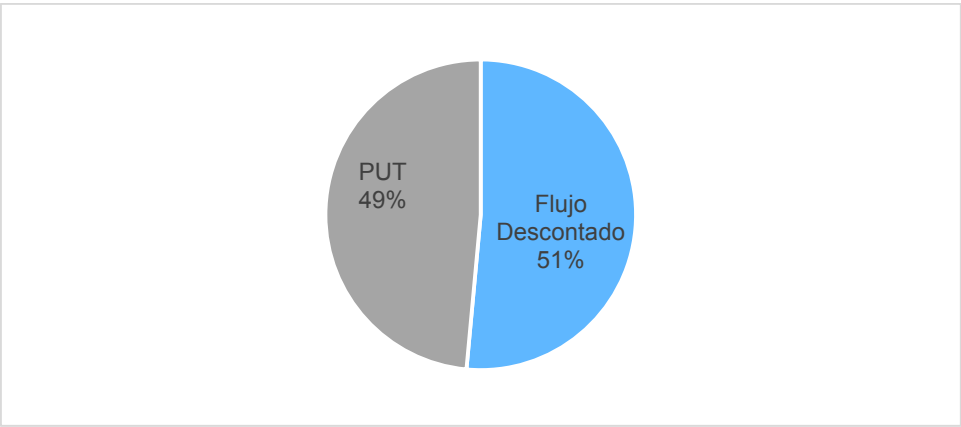


Figura 20. Flujo Descotando vs PUT Escenario 7: GLP

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21, al tener un valor PUT menor en 2% que el valor del flujo descontado, la alternativa más factible es la obtenida a través del método de opciones reales, que le permite al inversionista obtener un nivel mayor de rentabilidad. También se debe acotar que mientras más aumenta el precio del GLP de 15 kg, tanto el flujo descontado como la opción real tienden a equilibrarse

Inducción

Para el escenario 4 con la alternativa de inducción se determina el flujo de efectivo descontado para la construcción de esta infraestructura, en donde se asume que hasta diciembre del año 2017 se tiene una gratuidad de 80 kWh + 20 kWh de electricidad, además se proyecta que para el año 2018 el costo de electricidad por kilovatio será de 0,093 USD y 80 kWh gratis. El flujo descontado del proyecto de construcción es de $102.549,61USD, considerando un total de 28 departamentos para una familia de compuesta por cuatro personas, como se puede observar en la tabla 30.

Tabla 30. Características Escenario 7: Inducción

Escenario	Hasta diciembre del 2017	Desde enero del 2018	Precio	Flujo Descontado
1	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.093 Y 80kWh GRATIS	0,093	$ 102.549,61

Fuente: Elaboración Propia

Con la aplicación del modelo binomial se genera un proceso de valoración a través de factores de incertidumbre, cuya medición hacen que la sensibilidad del proyecto asuma las variaciones del mercado económico y financiero. Por lo que para establecer la opción de inversión es el desarrollo de la CALL, de acuerdo a los siguientes parámetros.

Tabla 31. Parámetros Escenario 4: Inducción

Denominación	Definición	Valor
$C=$	Opción de Compra	?
$P=$	Opción de Venta	?
δ	Volatilidad	0,08
$r=$	Tasa libre de riesgo	0,0274
$n=$	Número de ensayos	5
$k=$	Número de éxitos	1

S_o=	Spot	$102.549,61
X=	Strike	$105.544,06
u=	$u = e^{\delta x \sqrt{\Delta t}}$	1,036492929
d=	$d = \frac{1}{u}$	0,964791917
p=	Probabilidad en los escenarios de alta y baja (media) $p = \frac{e^{r(\frac{t}{n})} - d}{u - d}$	0,567678538
q=	Probabilidad de fracaso	0,432321462

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 32, se describen los elementos de la CALL para determinar la valoración de venta del proyecto en un horizonte de 5 años, con 5 periodos de revisión, que le permitirán detectar al inversionista la presencia de efectos fuera de los parámetros establecidos (S_p>S_t), por lo que a continuación se presenta el desarrollo del escenario 7 a través de una opción CALL.

Tabla 32. Árbol de la Opción CALL Escenario 7: Inducción

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
	$\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,058953878	$122.677,73	$17.133,67	$17.133,67	$1.010,10
4	0,224484677	$114.191,30	$114.190,27	$114.190,27	$25.633,97
3	0,341917255	$106.291,94	$106.291,37	$106.291,37	$36.342,86
2	0,260390622	$98.939,03	$98.939,03	$98.939,03	$25.762,80
1	0,099151586	$92.094,77	$92.094,77	$92.094,77	$9.131,34
0	0,015101983	$85.723,97	$85.723,97	$85.723,97	$1.294,60
				Sumatorio	$99.175,66
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$96.530,72

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados la opción CALL tiene una valoración de 96.530,72 USD, es decir, este es el valor del proyecto para la compra. Este valor debe ser comparado con la opción PUT para establecer si bajo los condicionamientos del escenario 4, es factible abandonar, reducir o vender una fracción.

Adicional como complemento del análisis se desarrolla la valoración del proyecto con la opción PUT o de venta, para establecer el valor de la inversión bajo parámetros externos económicos y financieros.

Tabla 33. Árbol de la Opción PUT Escenario 7: Inducción

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
	$\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,05895388	$122.677,73	$20.128,12	$20.128,12	$1.186,63
4	0,22448468	$114.191,30	$114.191,30	$114.191,30	$25.634,20
3	0,34191725	$106.291,94	$106.290,98	$106.290,98	$36.342,72
2	0,26039062	$98.939,03	$98.938,60	$98.938,60	$25.762,68
1	0,09915159	$92.094,77	$92.094,77	$92.094,77	$9.131,34
0	0,01510198	$85.723,97	$85.723,97	$85.723,97	$1.294,60
				Sumatorio	$ 99.352,18
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$ 96.702,53

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar en la tabla 33, los resultados del valor PUT del proyecto se tiene un costo de 96.702,53 USD mayor al valor CALL. Por lo que, para lograr decidir sobre el primer escenario con relación a la infraestructura de inducción, es necesario aplicar las directrices de decisión establecidas por el modelo binomial.

Tabla 34. Criterios de Decisión Escenario 7: Inducción

Tipos de opciones reales	Opción de Venta (Put) $96.702,53	Opción de Compra (Call) $96.530,72
Diferir (retardar)		x
Expandir		
Prolongar (extensión)		
Abandonar		
Expandir		
Vender una fracción	x	

Fuente: Elaboración Propia

Al tener una diferencia no significativa en los costos de put y call, y según las condiciones externas del mercado (economía y política), los criterios de decisión se basan en la perspectiva del inversionista. Las mejores opciones planteadas se basan tanto en la venta como en la compra: para la venta será factible vender una fracción del proyecto y generar más recursos en el futuro con la parte del inversionista, pues el costo de venta es mayor al de compra; para la compra al tener un costo menor al de venta, lo mejor será diferir, es decir, que el riesgo se divida entre más compradores para disminuir la perdida, ver figura 22.

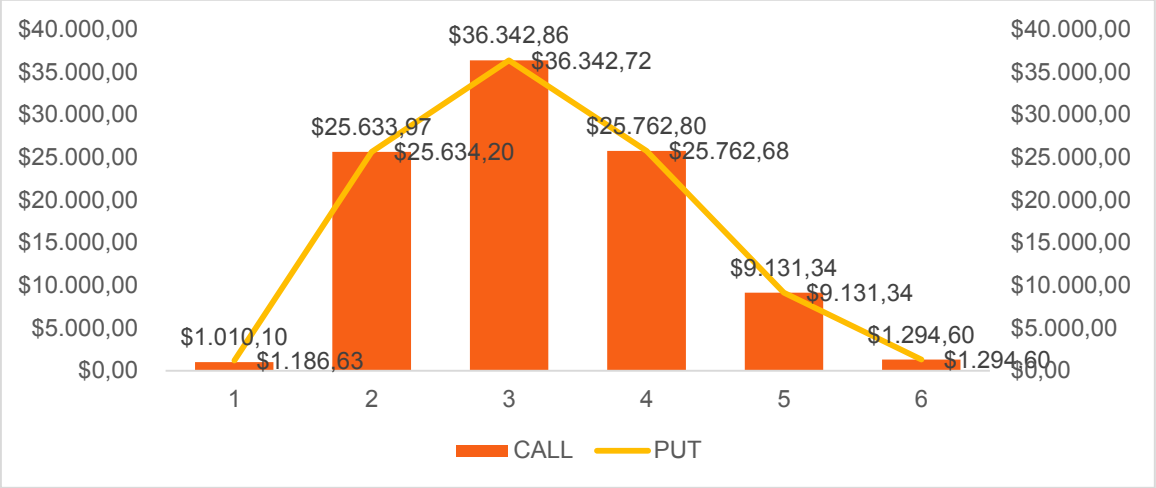


Figura 21. Escenario 7: CALL & PUT Inducción

Fuente: Elaboración propia

Tanto el valor de venta (put) como el de compra (call) son similares en el desarrollo de proyecto difiriendo únicamente en el nivel 1, sin embargo, los resultados finales al obtener el valor presente de los costos de put y call, las opciones de venta con la "venta de una fracción" se muestra como la más óptima.

La opción de venta es la que ofrece un mayor retorno, por lo que, para establecer la diferencia con los flujos descontados, es necesario compararla con la opción real para determinar el nivel de costos más beneficioso para la inversión con un costo de kWh a USD 0.093 y 80kWh gratis.

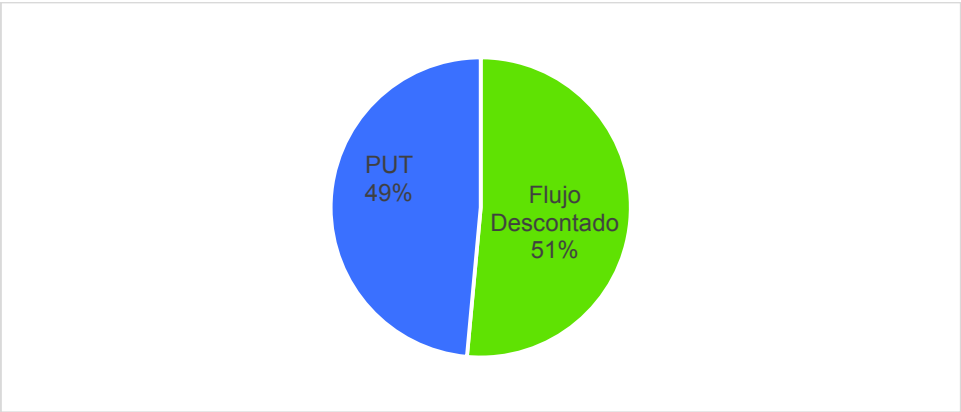
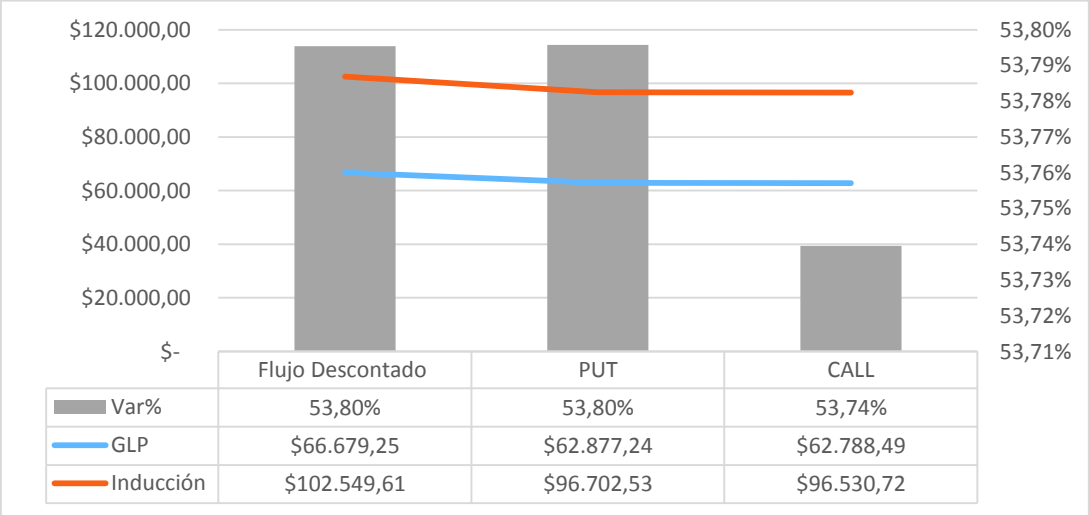


Figura 22. Flujo Descotando vs PUT Escenario 4: Inducción

Fuente: Elaboración propia

Con un valor PUT menor en 2% que el valor del flujo descontado, la alternativa más factible es la obtenida a través del método de opciones reales, que le permite al inversionista obtener un nivel mayor de rentabilidad.

En consecuencia, con los resultados de inversión a través de opciones reales para el escenario 4, tanto para infraestructura de GLP e inducción, se debe hacer la comparación entre estas dos alternativas y determinar cuál es la más conveniente para la implementación en los proyectos habitacionales.



	Flujo Descontado	PUT	CALL
Var%	53,80%	53,80%	53,74%
GLP	$66.679,25	$62.877,24	$62.788,49
Inducción	$102.549,61	$96.702,53	$96.530,72

Figura 23. Escenario 4: Flujo Descotando vs PUT vs CALL: GLP – Inducción

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 24, la comparación de los flujos descontados y las opciones reales se ha identificado que los dos métodos de evaluación financiera generan un mismo margen de beneficios entre las infraestructuras de GLP e inducción, es decir, mientras aumenta el precio del GLP de 15 kg, la sensibilidad de esta alternativa disminuye. Sin embargo, aún sigue siendo conveniente invertir en la infraestructura de cocción con GLP, pues sigue siendo más barato que la infraestructura de cocción de inducción.

3.1.4.2.2 Escenario 5 – 6

Con condiciones similares a las del escenario 4, el 5 y 6, generan parámetros de inversión con la misma tendencia, por lo que se presentan sus resultados con una menor probabilidad de ocurrencia con el aumento del precio del GLP de 15 kg a 5.00 USD, observar tabla 35.

Tabla 35. Evaluación Escenarios: 5 - 6

Escenario	Tipo	Precio	Flujo Descontado	PUT	CALL	VAR %	BENEFICIOS GLP / Inducción
5	GLP	5.00 15 KG	$ 66.679,25	$ 62.877,24	$62.788,49	0,141%	110,45%
	Inducción	0,12 kWh	$ 140.324,23	$132.323,51	$132.088,40	0,178%	
6	GLP	5.00 15 KG	$ 66.679,25	$ 62.877,24	$ 62.788,49	0,141%	162,51%
	Inducción	0,17 kWh	$ 175.042,21	$165.062,12	$164.768,84	0,178%	

Fuente: Elaboración propia

Los escenarios 5 y 6 se determinan la existencia de una relación inversamente proporcional entre la inversión de infraestructura de GLP e inducción, pues a medida que aumenta la inversión de la infraestructura de cocción de inducción (por las condiciones económicas y políticas) más amplio es el margen de beneficios (menores costos y mayores utilidades) de la infraestructura de cocción de GLP, pues el precio del GLP de 15 kg se mantiene constante con 5.00 USD, mientras que el precio por kWh aumenta, de esta forma para el escenario 5 el beneficio del GLP / Inducción es de 110,45% con un costo por kWh de 0,12 USD y para el escenario 6 este se incrementa a 162,51 % con un costo por kWh de 0,17 USD, sin embargo la probabilidad de que estos eventos ocurran es menor con el 0,08% y 0,02% para el escenario 5 y 6 respectivamente. A esto se debe añadir que adicional que a diferencia de los escenarios 1, 2 y 3, el predio del GLP de 15 kg, paso de 1,60 USD a 5.00 USD, por lo que se evidencia un menor beneficio en la construcción de infraestructura de cocción de GLP en comparación con la infraestructura de cocción de inducción.

3.1.4.2.3 Decisión Factor 2: Focalización del Subsidio GLP

Luego de haber analizado los 3 escenarios dentro con las condiciones de focalización del subsidio de GLP y variación del precio de la tarifa eléctrica, se evalúan los resultados de

la aplicación del método de opciones reales para las tres alternativas; infraestructura de cocción GLP, de inducción y mixta, ver tabla 36.

Tabla 36. Alternativas de Decisión Factor 2: Focalización del subsidio de GLP

Escenario	Infraestructura	Flujo Descontado	PUT	CALL	BENEFICIOS GLP / Inducción
4	GLP	$ 66.679,25	$ 62.877,24	$ 62.788,49	53,80%
	Inducción	$ 102.549,61	$ 96.702,53	$ 96.530,72	
	Mixto	$ 169.228,86	$ 159.579,77	$ 159.319,21	
5	GLP	$ 66.679,25	$ 62.877,24	$ 62.788,49	110,45%
	Inducción	$ 140.324,23	$ 132.323,51	$ 132.088,40	
	Mixto	$ 207.003,48	$ 195.200,75	$ 194.876,89	
6	GLP	$ 66.679,25	$ 62.877,24	$ 62.788,49	162,51%
	Inducción	$ 175.042,21	$ 165.062,12	$ 164.768,84	
	Mixto	$ 241.721,46	$ 227.939,36	$ 227.557,33	

Fuente: Elaboración propia

La alternativa de decisión más factible se presenta en el escenario 4, a través de la infraestructura de cocción de GLP con el condicionamiento de la focalización del subsidio del GLP de 15 kg con un precio de 5,00 USD y una tarifa eléctrica de 0,09 USD/kWh, resultado una PUT de 62.877,24 USD pues se muestra como conveniente en comparación con los costos de inversión de la infraestructura de cocción de inducción que tiene un PUT de 96.702,53 USD. No obstante, como respuesta a las necesidades de la población resulta adecuado establecer los costos de inversión de una infraestructura mixta que contemple las dos infraestructuras, con el objetivo de mejorar la capacidad de respuesta del proyecto bajo condiciones incertidumbre, por lo que esta alternativa tiene un valor de 159.579,77 USD.

3.1.4.3 Factor 3: Eliminación del subsidio de GLP

Con este factor se analizan los escenarios 7, 8 y 9 determinados por los siguientes condicionamientos.

Tabla 37. Escenarios: Factor 3

ESCENARIO	Hasta diciembre del 2017	Desde enero del 2018	Precio
7	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 22.27	22.27

	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.093 Y 80kWh GRATIS	0,093
8	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 22.27	22.27
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.12	0,12
9	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 22.27	22.27
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0,17	0,17

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 37, las condiciones de los 3 escenarios, se mantiene constante el precio del GLP de 15 kg en 22,27 USD y varía el precio de la tarifa eléctrica.

3.1.4.3.1 Escenario 7

Para el desarrollo del escenario 7 se integran las dos opciones de inversión; GLP e inducción, posibles infraestructuras que se emplearán para un total de 28 departamentos. Las condiciones a diferencia de los anteriores escenarios considerando que se plantea la eliminación del subsidio del GLP, asumiendo un precio de 22,70 USD.

GLP

Dentro de la tabla 38, el escenario 7 con GLP se desarrolla en base al flujo de efectivo descontado para la construcción de la infraestructura de cocción basado en gas, en donde se asume que para hasta diciembre del año 2017 se tiene un precio del cilindro del gas de 15 kg en 1,60 USD, además se proyecta que para el año 2018 se elimina el subsidio de GLP y se asume un precio de 22,70 USD. Con esta se obtuvo el flujo descontado del proyecto de construcción, el cual asciende a $160.664,43, considerando la edificación de 28 departamentos para una familia 4 integrantes.

Tabla 38. Características Escenario 7: GLP

Escenario	Hasta diciembre del 2017	Desde enero del 2018	Precio	Flujo Descontado
1	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 22,70	22,70	$160.664,43

Fuente: Elaboración Propia

Mediante la aplicación del modelo binomial se procesa el flujo descontado (spot) a través de elementos de incertidumbre, pues su influencia produce que la sensibilidad del proyecto contemple las variaciones del mercado económico y financiero. Consecuentemente para el escenario 7 se establecen los siguientes parámetros, ver tabla 39:

Tabla 39. Parámetros Escenario 4: GLP

Denominación	Definición	Valor
$C=$	Opción de Compra	?
$P=$	Opción de Venta	?
δ	Volatilidad	0,08
$r=$	Tasa libre de riesgo	0,0274
$n=$	Número de ensayos	5
$k=$	Número de éxitos	1
$S_o=$	Spot	$160.664,43
$X=$	Strike	$164.391,84
$u=$	$u = e^{\delta x \sqrt{\Delta t}}$	1,036492929
$d=$	$d = \frac{1}{u}$	0,964791917
$p=$	Probabilidad en los escenarios de alta y baja (media) $p = \frac{e^{r(\frac{t}{n})} - d}{u - d}$	0,567678538
$q=$	Probabilidad de fracaso	0,432321462

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 40, se detallan los factores de la CALL para establecer la valoración de la compra del proyecto en un horizonte de 5 años, con 5 periodos de revisión, que le permitirán detectar al inversionista la presencia de efectos fuera de los parámetros establecidos (S_p>S_t), por lo que a continuación se presenta el desarrollo del escenario 7 a través de una opción CALL.

Tabla 40. Árbol de la Opción CALL Escenario 7: GLP

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
	$\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,058953878	$192.199,15	$27.807,30	$27.807,30	$1.639,35
4	0,224484677	$178.903,47	$178.902,43	$178.902,43	$40.160,86
3	0,341917255	$166.527,54	$166.526,98	$166.526,98	$56.938,45
2	0,260390622	$155.007,74	$155.007,74	$155.007,74	$40.362,56

1	0,099151586	$144.284,84	$144.284,84	$144.284,84	$14.306,07
0	0,015101983	$134.303,71	$134.303,71	$134.303,71	$2.028,25
				Sumatorio	$155.435,54
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$151.290,18

Fuente: Elaboración Propia

Con la opción CALL, se tiene una valoración del proyecto de 151.290,18 USD, este es el valor del proyecto para la compra, mismo que debe ser comparado con la opción PUT para establecer si bajo los condicionamientos del escenario 7, es factible abandonar, reducir o vender una fracción.

De forma complementaria se valora el proyecto con la opción PUT o de venta, para determinar el valor de la inversión bajo parámetros externos económicos y financieros, ver tabla 41.

Tabla 41. Árbol de la Opción PUT Escenario 4: GLP

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
	$\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,05895388	$192.199,15	$31.534,72	$31.534,72	$1.859,09
4	0,22448468	$178.903,47	$178.903,47	$178.903,47	$40.161,09
3	0,34191725	$166.527,54	$166.526,58	$166.526,58	$56.938,31
2	0,26039062	$155.007,74	$155.007,31	$155.007,31	$40.362,45
1	0,09915159	$144.284,84	$144.284,84	$144.284,84	$14.306,07
0	0,01510198	$134.303,71	$134.303,71	$134.303,71	$2.028,25
				Sumatorio	$155.655,27
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$151.504,05

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados del valor PUT del proyecto se tiene una valoración de 151.504,05 USD mayor al valor CALL. Por lo que para lograr decidir en el escenario 7, es fundamental aplicar las directrices de decisión establecidas por el modelo binomial.

Tabla 42. Criterios de Decisión Escenario 4: GLP

Tipos de opciones reales	**Opción de Venta (Put)** $151.504,05	**Opción de Compra (Call)** $151.290,18
Diferir (retardar)		x
Expandir		x
Prolongar (extensión)		
Abandonar	x	
Reducir	x	
Vender una fracción		

Fuente: Elaboración Propia

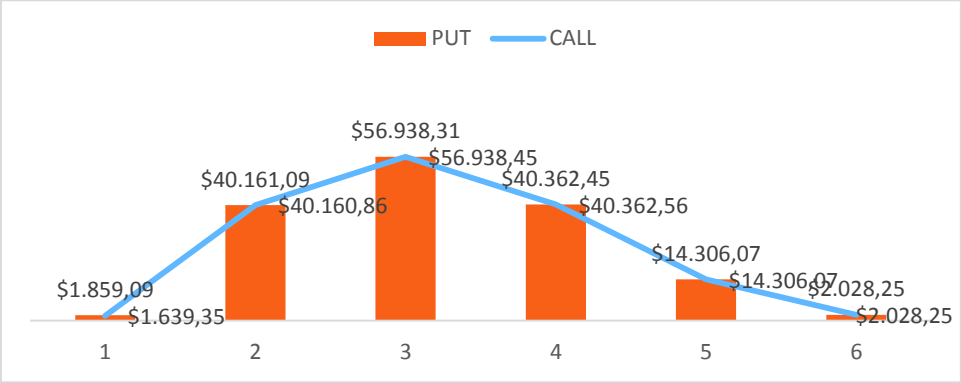


Figura 24. Escenario 7: CALL & PUT GLP

Fuente: Elaboración propia

Con la figura 25, se puede apreciar que el valor de venta se ha mantenido similar al de compra, siendo casi iguales en todos los periodos, siendo el nivel 1 el que tiene una mayor diferencia, por lo que en ese punto se podría haber escogido la opción de compra. Sin embargo, de acuerdo a estos condicionantes y según las variables del mercado se debe escoger la opción de venta; para abandonar o vender una parte del proyecto puesto que representa un nivel de inversión mayor a los presentados en anteriores escenarios.

La opción de venta es la que ofrece un mayor retorno, por lo que es fundamental compararla con el flujo de descontado para determinar el nivel de costos más conveniente para la inversión con un precio del GLP de 15 kg a 22,70 USD.

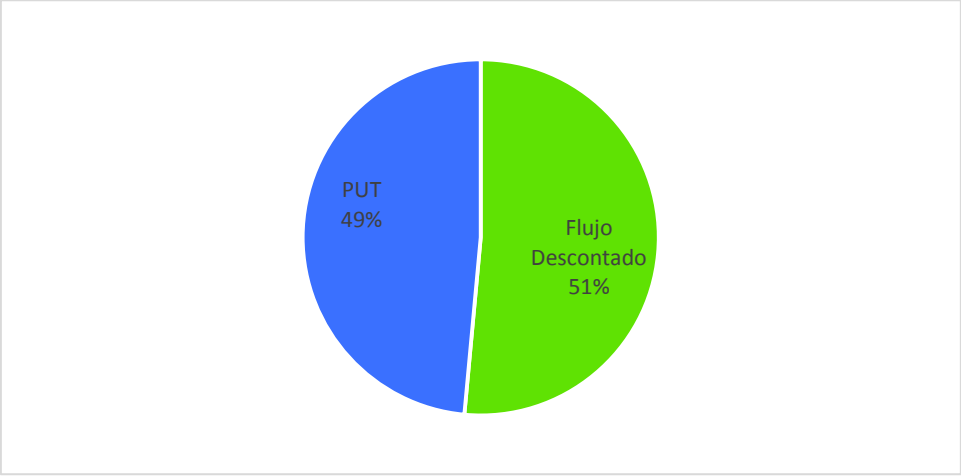


Figura 25. Flujo Descotando vs PUT Escenario 7: GLP

Fuente: Elaboración propia

Al tener un valor PUT menor en 2% que el valor del flujo descontado, la alternativa más factible es la obtenida a través del método de opciones reales, que le permite al

inversionista obtener un nivel mayor de rentabilidad. También se debe acotar que mientras más aumenta el precio del GLP de 15 kg, tanto el flujo descontado como la opción real tienden a equilibrarse. Adicional se considera que al eliminarse el subsidio del GLP, el costo de la infraestructura de cocción de inducción es menor, por lo al comprarlos se obtendrá como resultado la opción de inducción.

Inducción

La alternativa de inducción en el escenario 7 se determina el flujo de efectivo descontado para la construcción de esta infraestructura, en donde se asume que hasta diciembre del año 2017 se tiene una gratuidad de 80 kWh + 20 kWh de electricidad, además se proyecta que para el año 2018 el costo de electricidad por kilovatio será de 0,093 USD y 80 kWh gratis. El flujo descontado del proyecto de construcción es de $102.549,61USD, considerando un total de 28 departamentos para una familia de compuesta por cuatro personas, observar tabla 43.

Tabla 43. Características Escenario 7: Inducción

Escenario	Hasta diciembre del 2017	Desde enero del 2018	Precio	Flujo Descontado
1	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.093 Y 80kWh GRATIS	0,093	$ 102.549,61

Fuente: Elaboración Propia

Con la aplicación del modelo binomial se genera un proceso de valoración a través de factores de incertidumbre, cuya medición hacen que la sensibilidad del proyecto asuma las variaciones del mercado económico y financiero. Por lo que para establecer la opción de inversión es el desarrollo de la CALL, de acuerdo a los siguientes parámetros, ver tabla 44.

Tabla 44. Parámetros Escenario 7: Inducción

Denominación	Definición	Valor
$C=$	Opción de Compra	?
$P=$	Opción de Venta	?
δ	Volatilidad	0,08
$r=$	Tasa libre de riesgo	0,0274
$n=$	Número de ensayos	5
$k=$	Número de éxitos	1
$S_o=$	Spot	$102.549,61
$X=$	Strike	$105.544,06

$u=$	$u = e^{\delta x \sqrt{\Delta t}}$	1,036492929
$d=$	$d = \frac{1}{u}$	0,964791917
$p=$	Probabilidad en los escenarios de alta y baja (media) $p = \frac{e^{r\left(\frac{t}{n}\right)} - d}{u - d}$	0,567678538
$q=$	Probabilidad de fracaso	0,432321462

Fuente: Elaboración Propia

A continuación en la tabla 45, se describen los elementos de la CALL para determinar la valoración de venta del proyecto en un horizonte de 5 años, con 5 periodos de revisión, que le permitirán detectar al inversionista la presencia de efectos fuera de los parámetros establecidos (S_p>S_t), por lo que a continuación se presenta el desarrollo del cuarto escenario a través de una opción CALL.

Tabla 45. Árbol de la Opción CALL Escenario 7: Inducción

Numero de Aciertos	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad
	$\binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,058953878	$122.677,73	$17.133,67	$17.133,67	$1.010,10
4	0,224484677	$114.191,30	$114.190,27	$114.190,27	$25.633,97
3	0,341917255	$106.291,94	$106.291,37	$106.291,37	$36.342,86
2	0,260390622	$98.939,03	$98.939,03	$98.939,03	$25.762,80
1	0,099151586	$92.094,77	$92.094,77	$92.094,77	$9.131,34
0	0,015101983	$85.723,97	$85.723,97	$85.723,97	$1.294,60
				Sumatorio	$99.175,66
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$96.530,72

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados la opción CALL tiene una valoración de 96.530,72 USD, es decir, este es el valor del proyecto para la compra. Este valor debe ser comparado con la opción PUT para establecer si bajo los condicionamientos del escenario 4, es factible abandonar, reducir o vender una fracción.

Como complemento del análisis se desarrolla la valoración del proyecto con la opción PUT o de venta, para establecer el valor de la inversión bajo parámetros externos económicos y financieros.

Tabla 46. Árbol de la Opción PUT Escenario 7: Inducción

Numero de	Probabilidad (Binomial)	Valor Futuro del Proyecto	Valor Intrínseco (VI)	Max	Max x Probabilidad

Aciertos	$\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}$	$(So^k d^{n-k})$	$(So^k d^{n-k} - X)$	Entre V y 0	$\left[\binom{n}{k} p^k(1-p)^{n-k}\right] x\ max$
5	0,05895388	$122.677,73	$20.128,12	$20.128,12	$1.186,63
4	0,22448468	$114.191,30	$114.191,30	$114.191,30	$25.634,20
3	0,34191725	$106.291,94	$106.290,98	$106.290,98	$36.342,72
2	0,26039062	$98.939,03	$98.938,60	$98.938,60	$25.762,68
1	0,09915159	$92.094,77	$92.094,77	$92.094,77	$9.131,34
0	0,01510198	$85.723,97	$85.723,97	$85.723,97	$1.294,60
				Sumatorio	$ 99.352,18
				Valor Actual Proyecto de Compra (VAPC)	$ 96.702,53

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 46, los resultados del valor PUT del proyecto se tienen un costo de 96.702,53 USD mayor al valor CALL. Por lo que, para lograr decidir sobre el cuarto escenario con relación a la infraestructura de inducción, es necesario aplicar las directrices de decisión establecidas por el modelo binomial.

Tabla 47. Criterios de Decisión Escenario 7: Inducción

Tipos de opciones reales	Opción de Venta (Put) $96.702,53	Opción de Compra (Call) $96.530,72
Diferir (retardar)		x
Expandir		x
Prolongar (extensión)		
Abandonar		
Reducir	x	
Vender una fracción	x	

Fuente: Elaboración Propia

Al tener una diferencia en la tabla 47, no significativa en los costos de put y call, y según las condiciones externas del mercado (economía y política), los criterios de decisión se basan en la perspectiva del inversionista. Las mejores opciones planteadas se basan tanto en la venta como en la compra: para la venta será factible vender una fracción del proyecto y generar más recursos en el futuro con la parte del inversionista, así como como la reducción del riesgo para que el proyecto tenga un mejor rendimiento, pues el costo de venta es mayor al de compra; para la compra al tener un costo menor al de venta, lo mejor será diferir, es decir, que el riesgo se divida entre más compradores para disminuir la perdida.

En la figura 27, adicionalmente en comparación con los parámetros de la infraestructura de cocción de GLP, en este escenario se plantea una infraestructura de cocción de inducción con un costo menor, por lo que supone que esta es la mejor opción para la inversión. Esto como comportamiento atípico en referencia a los anteriores casos ya

analizados en donde el GLP por el subsidio que tiene e incluso con la focalización del mismo se mantiene con costos más accesibles que la electricidad.

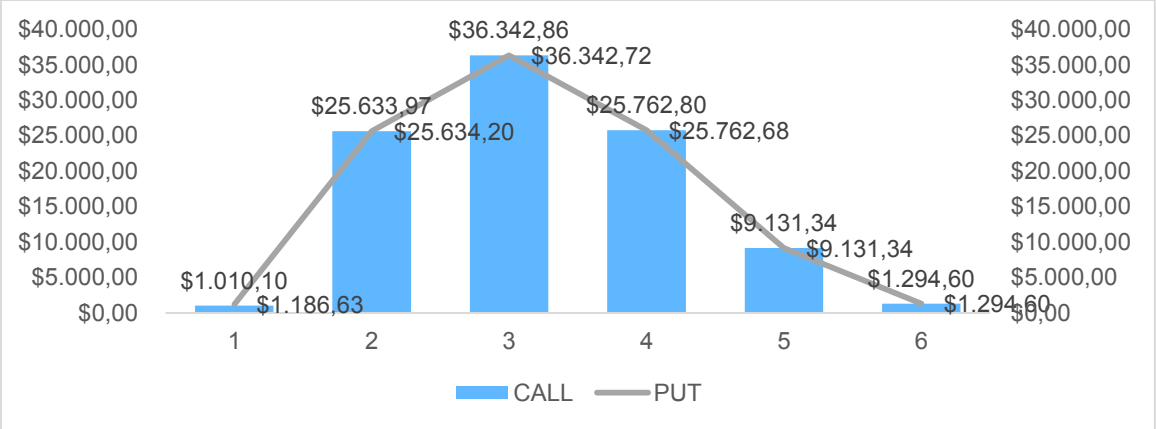


Figura 26. Escenario 7: CALL & PUT Inducción

Fuente: Elaboración propia

En el caso específico del escenario 7 de la infraestructura de cocción de inducción el valor de venta (put) como el de compra (call) son similares en el desarrollo de proyecto difiriendo únicamente en el nivel 1, sin embargo, los resultados finales al obtener el valor presente de los costos de put y call, las opciones de venta con la “venta de una fracción” se muestra como la más óptima.

La opción de venta es la que ofrece un mayor retorno, por lo que, para establecer la diferencia con los flujos descontados, es necesario compararla con la opción real para definir el nivel de costos más beneficioso para la inversión con un costo de kWh a USD 0.093 y 80kWh gratis.

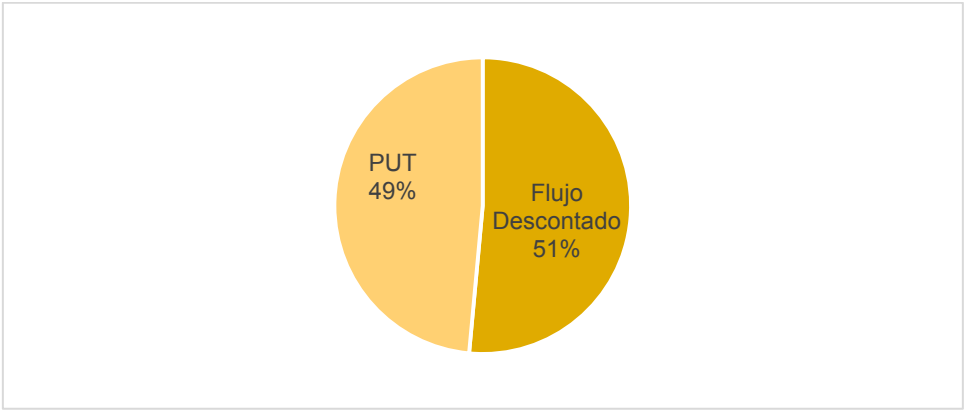


Figura 27. Flujo Descotando vs PUT Escenario 4: Inducción

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la figura 28, un valor PUT menor en 2% que el valor del flujo descontado, la alternativa más factible es la obtenida mediante método de opciones reales, que le permite al inversionista obtener un nivel mayor de rentabilidad.

Con los resultados de inversión a través de opciones reales para el escenario 7, tanto para infraestructura de GLP e inducción, se debe hacer la comparación entre estas dos alternativas y determinar cuál es la más conveniente para la implementación en los proyectos habitacionales.

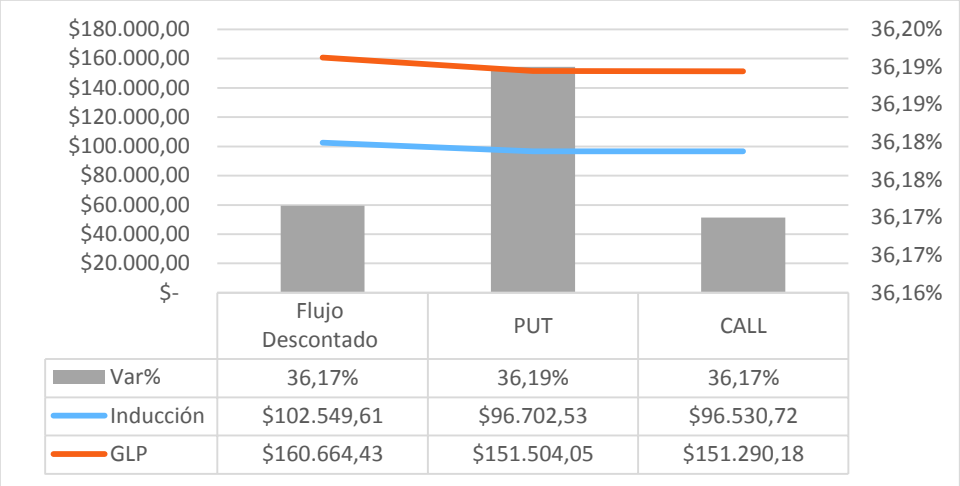


Figura 28. Escenario 7: Flujo Descotando vs PUT vs CALL: GLP – Inducción

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29, realizada la comparación de los flujos descontados y las opciones reales se ha detectado que este último es el que mayores beneficios le puede traer al proyecto puesto que muestra un margen de maniobrabilidad del 36,19% entre la infraestructura de cocción de GLP e inducción, presentando un efecto contrario a los demás escenarios analizados, pues en este caso la infraestructura de inducción resulta ser más conveniente con menores costos de construcción, por lo que la mejor opción se desarrollaría dentro de estos parámetros.

3.1.4.3.2 Escenario 8 – 9

Dentro de parámetros similares a las del escenario 7, el 8 y 9 como se puede ver en la tabla 48, generan parámetros de inversión con la misma tendencia, por lo que se presentan sus resultados con una menor probabilidad de ocurrencia con el aumento del precio del GLP de 15 kg a 22,70 USD, resultando como condicionante el incremento del costo de infraestructura de cocción de GLP por sobre el costo de infraestructura de cocción de inducción.

Tabla 48. Evaluación Escenarios: 8 - 9

Escenario	Tipo	Precio	Flujo Descontado	PUT	CALL	VAR %	BENEFICIOS Inducción/ GLP
8	GLP	22,27 15 KG	$160.664,43	$151.504,05	$151.290,18	0,141%	12,66%
	Inducción	0,12 kWh	$140.324,23	$132.323,51	$132.088,40	0,178%	
9	GLP	22,27 15 KG	$160.664,43	$151.504,05	$151.290,18	0,141%	8,95%
	Inducción	0,17 kWh	$175.042,21	$165.062,12	$164.768,84	0,178%	

Fuente: Elaboración propia

Los escenarios 8 y 9 se establecen una relación inversamente proporcional entre la inversión de infraestructura de GLP e inducción, pues a medida que aumenta la inversión de la infraestructura de cocción de GLP (eliminación del subsidio) más amplio es el margen de beneficios (menores costos y mayores utilidades) de la infraestructura de cocción de cocción, pues el precio del GLP de 15 kg aumenta de 1,60 USD a 22,70 USD, mientras que el precio por kWh aumenta pero en menor proporción, de esta forma para el escenario 8 el beneficio del Inducción / GLP es de 12,66% con un costo por kWh de 0,12 USD y para el escenario 9 este se incrementa a 8,95% con un costo por kWh de 0,17 USD, sin embargo la probabilidad de que estos eventos ocurran es menor con el 0,03% y 0,01% para el escenario 8 y 9 respectivamente. En estos escenarios se replica la relación del escenario 7, en donde la mejor opción es la construcción de una infraestructura de cocción de inducción.

Una vez evaluados todos los escenarios se debe establecer cuál de estos es el que mayores beneficios generará una vez aplicada, para esto se ha considerado los

escenarios con mayores probabilidades de ocurrencia y dentro de estos el que tenga una di referencia mayor entre la infraestructura de cocción de GLP e inducción.

3.1.4.3.3 Decisión Factor 3: Eliminación del Subsidio GLP

Después de haber analizado los 3 escenarios dentro con las condiciones de focalización del subsidio de GLP y variación del precio de la tarifa eléctrica, se evalúan los resultados de la aplicación del método de opciones reales para las tres alternativas; infraestructura de cocción GLP, de inducción y mixta, ver tabla 49.

Tabla 49. Alternativas de Decisión Factor 2: Focalización del subsidio de GLP

Escenario	Infraestructura	Flujo Descontado	PUT	CALL	BENEFICIOS Inducción 7 / GLP
7	GLP	$ 160.664,43	$ 151.504,05	$ 151.290,18	36,17%
	Inducción	$ 102.549,61	$ 96.702,53	$ 96.530,72	
	Mixto	$ 263.214,04	$ 248.206,58	$ 247.820,90	
8	GLP	$160.664,43	$151.504,05	$151.290,18	12,66%
	Inducción	$ 140.324,23	$ 132.323,51	$ 132.088,40	
	Mixto	$ 300.988,66	$ 283.827,56	$ 283.378,58	
9	GLP	$160.664,43	$151.504,05	$151.290,18	8,95%
	Inducción	$ 175.042,21	$ 165.062,12	$ 164.768,84	
	Mixto	$ 335.706,64	$ 316.566,17	$ 316.059,02	

Fuente: Elaboración propia

La alternativa de decisión más factible se presenta en el escenario 7, a través de la infraestructura de cocción de inducción con el condicionamiento de la eliminación del subsidio del GLP de 15 kg el cual tiene un precio de 22,70 USD y una tarifa eléctrica de 0,09 USD/kWh, resultado una PUT de 96.702,53 USD pues se muestra como conveniente en comparación con los costos de inversión de la infraestructura de cocción de GLP que tiene un PUT de 151.504,05 USD. Por otra parte, como respuesta a las necesidades de la población resulta adecuado establecer los costos de inversión de una infraestructura mixta que contemple las dos estructuras, con el objetivo de mejorar la capacidad de respuesta del proyecto bajo condiciones incertidumbre, por lo que esta alternativa tiene un valor de 248.206,58 USD. Al contrario de los anteriores escenarios analizados en este resulta beneficioso invertir en la infraestructura de cocción de inducción, esto debido al incremento del GLP de 15 kg a 22,27 USD.

3.1.5 Alternativas de Decisión y factor de decisión

Analizadas las alternativas de decisión; infraestructura de cocción de GLP, de inducción y mixta; derivadas de los 9 escenarios posibles, se obtiene un conglomerado de los resultados de la aplicación del método de opciones reales, con sus respectivos valores de inversión, nivel de beneficios y probabilidad de ocurrencia.

Tabla 50. Incidencia de los Escenarios (1 – 9)

Escenario	Alternativa de Decisión	Flujo Descontado	PUT	CALL	Probabilidad	BENEFICIOS GLP / Inducción
1	GLP	$ 48.176,09	$ 45.429,00	$ 45.364,88	0,42	112,87%
	Inducción	$ 102.549,61	$ 96.702,53	$ 96.530,72		
	Mixto	$ 150.725,69	$ 142.131,53	$ 141.895,59		
2	GLP	$ 48.176,09	$ 45.429,00	$ 45.364,88	0,15	191,28%
	Inducción	$ 140.324,23	$ 132.323,51	$ 132.088,40		
	Mixto	$ 188.500,32	$ 177.752,51	$ 177.453,28		
3	GLP	$ 48.176,09	$ 45.429,00	$ 45.364,88	0,03	263,34%
	Inducción	$ 175.042,21	$ 165.062,12	$ 164.768,84		
	Mixto	$ 223.218,30	$ 210.491,12	$ 210.133,72		
4	GLP	$ 66.679,25	$ 62.877,24	$ 62.788,49	0,21	53,80%
	Inducción	$ 102.549,61	$ 96.702,53	$ 96.530,72		
	Mixto	$ 169.228,86	$ 159.579,77	$ 159.319,21		
5	GLP	$ 66.679,25	$ 62.877,24	$ 62.788,49	0,08	110,45%
	Inducción	$ 140.324,23	$ 132.323,51	$ 132.088,40		
	Mixto	$ 207.003,48	$ 195.200,75	$ 194.876,89		
6	GLP	$ 66.679,25	$ 62.877,24	$ 62.788,49	0,02	162,51%
	Inducción	$ 175.042,21	$ 165.062,12	$ 164.768,84		
	Mixto	$ 241.721,46	$ 227.939,36	$ 227.557,33		
7	GLP	$ 160.664,43	$ 151.504,05	$ 151.290,18	0,07	**BENEFICIOS Inducción/ GLP**
	Inducción	$ 102.549,61	$ 96.702,53	$ 96.530,72		36,17%
	Mixto	$ 263.214,04	$ 248.206,58	$ 247.820,90		
8	GLP	$160.664,43	$151.504,05	$151.290,18	0,03	12,66%
	Inducción	$ 140.324,23	$ 132.323,51	$ 132.088,40		
	Mixto	$ 300.988,66	$ 283.827,56	$ 283.378,58		
9	GLP	$160.664,43	$151.504,05	$151.290,18	0,01	8,95%
	Inducción	$ 175.042,21	$ 165.062,12	$ 164.768,84		
	Mixto	$ 335.706,64	$ 316.566,17	$ 316.059,02		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 50, para determinar cuál es la alternativa de decisión factible para la inversión se considera la probabilidad de ocurrencia, los costos de inversión bajo la perspectiva de una PUT (precio de venta del proyecto) y el beneficio que genera la infraestructura de cocción de GLP medida en referencia a la infraestructura de cocción de inducción, o viceversa. Consecuentemente, el escenario más posible es el 1, con una probabilidad de 0,42. En este se generan las alternativas de decisión infraestructura de cocción de GLP, de cocción y mixta, resultando como conveniente la infraestructura de cocción de GLP, pues presenta una PUT de 45.429,00 USD, mostrando un beneficio sobre la infraestructura de cocción de inducción de 112,87%.

Complementariamente luego del análisis cuantitativo es preciso establecer que las condiciones de incertidumbre económicas y políticas determinan que en el mediano plazo (3 – 5 años), no se eliminará ni focalizará el subsidio del GLP, y adicional con la repotenciación de las hidroeléctricas existentes y la construcción de nuevas se estima que el costo de por kWh se mantenga en 0,093, por lo que se plantea la construcción de infraestructuras mixtas, es decir, adaptado para cocción con GLP e inducción. En este sentido la alternativa de decisión derivada del escenario 1 plantea estos condicionamientos por lo que los valores PUT del GLP e inducción se convierten en un solo costo que asciende a 177.752,51 USD, cubriendo dos opciones que actualmente se encuentran vigentes en el mercado.

Para mejorar el alcance del análisis se complementan las alternativas de decisión mediante la integración de las probabilidades de ocurrencia derivadas de los escenarios para cada infraestructura de cocción a través del siguiente planteamiento:

$$GLP = \sum_{i}^{n} (\ Ci_n \ x \ p_n$$

Ecuación 13. Infraestructura de cocción de GLP

Donde:
GLP= Infraestructura de cocción de GLP
n= Número de escenarios
Ci= Costo de inversión; varía entre Flujo Descontado, PUT y CALL
p= Probabilidad de cada escenario

$$Inducción = \sum_i^n (\ Ci_n\ x\ p_n)$$

Ecuación 14. Infraestructura de cocción de Inducción

Donde:

Inducción= Infraestructura de cocción de inducción

n= Número de escenarios

Ci= Costo de inversión; varía entre Flujo Descontado, PUT y CALL

p= Probabilidad de cada escenario

$$Mixto = \sum_i^n (\ Ci_n\ x\ p_n)$$

Ecuación 15. Infraestructura de cocción mixta

Donde:

Mixto= Infraestructura de cocción mixta (GLP e inducción)

n= Número de escenarios

Ci= Costo de inversión; varía entre Flujo Descontado, PUT y CALL

p= Probabilidad de cada escenario

Tabla 51. Alternativas de decisión

	Costo de Inversión			Costo x Beneficio		
Infraestructura	**Flujo de Caja Descontado**	**PUT**	**CALL**	**Flujo de Caja Descontado**	**PUT**	**CALL**
GLP	$ 64.975,87	$ 61.270,98	$ 61.184,49	$ -	$ -	$ -
Inducción	$ 115.617,89	$109.025,75	$ 108.832,04	$ 50.642,02	$ 47.754,77	$ 47.647,55
Mixto	$ 180.593,76	$170.296,73	$ 170.016,54	$115.617,89	$109.025,75	$108.832,04

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver en la tabla 51, una vez obtenidos los resultados para cada alternativa de decisión, se tiene tres costos de inversión para cada infraestructura de cocción, es decir un flujo de caja descontado, PUT y CALL para GLP, inducción y mixto. En este sentido alrededor de este contexto se deben establecer adicional al costo más bajo cuales son las circunstancias que determina cual es la alternativa factible, por lo que para esto se añade el costo por beneficio, valor que adiciona un elemento de decisión fundamental en el momento de invertir en el proyecto. La relación entre los tres costos de inversión; flujo

de caja descontando, PUT y CALL, es similar a las desarrolladas en los 9 escenarios; el flujo de caja descontando presenta el mayor costo de inversión, y entre la PUT y la CALL, la PUT, el precio del vendedor es el más alto, entregándole más beneficios para el inversionista, por lo que es necesario enfocar el presente análisis en base a estos costos. Comparando los costos de la PUT del GLP y el de inducción, por la cuantía de inversión el GLP se convierte en la alternativa factible, con un costo por beneficio de $ 47.754,77 por sobre la infraestructura de cocción de inducción. Por otra parte, la alternativa de decisión de la infraestructura mixta; la cual contempla la infraestructura de cocción de GLP y de inducción. Este costo de inversión con una PUT de $ 109.025,75 siendo 178% más alto que el costo de inversión del GLP y 56% mayor al costo de inversión de inducción, y muestra un costo de inversión de $ 109.025,75 adicional a la alternativa de inversión de GLP, costo utilizado de referencia por su factibilidad de implementación. Sin embargo, aunque representa un valor superior a las dos alternativas de inversión (GLP e inducción), cubre con todos los posibles escenarios que se puedan generar por causa de la situación política, económica y social del Ecuador, que, aunque represente invertir $ 109.025,75 puede cubrir con todas las necesidades de infraestructura de cocción de la población.

3.1.6 Análisis de Flexibilidad

El modelo de opciones reales dentro de las dimensiones del proyecto de infraestructura de cocción permite el uso análogo de las opciones financieras para la evaluación de la inversión como activos subyacentes, con lo cual se tiene la base para la valoración de la flexibilidad operativa del proyecto ante cambios en los parámetros del mercado, generando un proceso dinámico y continuo a la valoración mediante el análisis de todas sus fases, para las cuales se ha planificado ver tabla 52.

Tabla 52. Costos de inversión

Proyecto	**Costo de Inversión**		
Infraestructura	**Flujo de Caja Descontado**	**PUT**	**CALL**
GLP	$ 64.975,87	$ 61.270,98	$ 61.184,49
Inducción	$ 115.617,89	$109.025,75	$ 108.832,04
Mixto	$ 180.593,76	$170.296,73	$ 170.016,54

Fuente: Elaboración propia

A partir de las alternativas de inversión generadas del proyecto se analizan las etapas de la inversión para establecer el nivel de flexibilidad en base a las incertidumbres generadas en el mercado a partir del subsidio del GLP y el precio del kWh.

En primera instancia se tiene el árbol generado por el proyecto de inversión de infraestructura de GLP con las siguientes característica, ver figura 30:

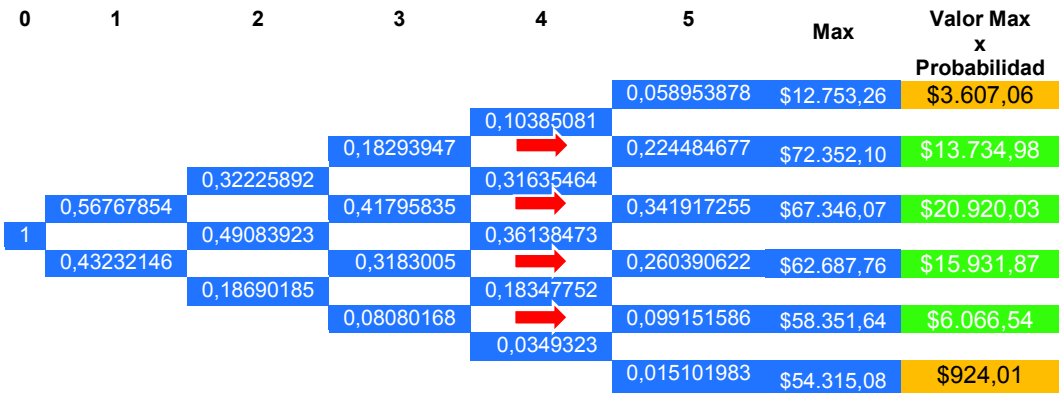
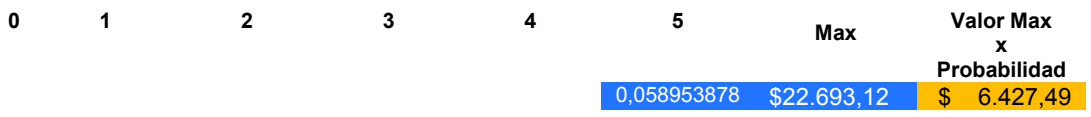


Figura 29. Árbol de inversión opción PUT: GLP

Fuente: Elaboración propia

A través de estructuración del árbol de inversión definido por las probabilidades del factor al alza y a la baja, es decir, se contempla el valor de la inversión en escenarios en donde alcanza valores máximos y mínimos, con el fin de cubrir las variaciones del mercado. Entonces, se tiene como probabilidades al alza 0,22 y 0,34, y como probabilidades a la baja 0,29 y 0,10, generando un valor total de inversión de $5 6.653,42, dejando un margen de flexibilidad $4.531,07, que responde a los factores al alza y a la baja menos probables, que en relación a la inversión total de $ 61.184,49 (costo actualizado) establece un 7,4% de maniobrabilidad para adaptarse a cambios en el mercado.

El segundo elemento de análisis es el árbol generado por el proyecto de inversión de infraestructura de inducción con las siguientes características, ver figura 31:



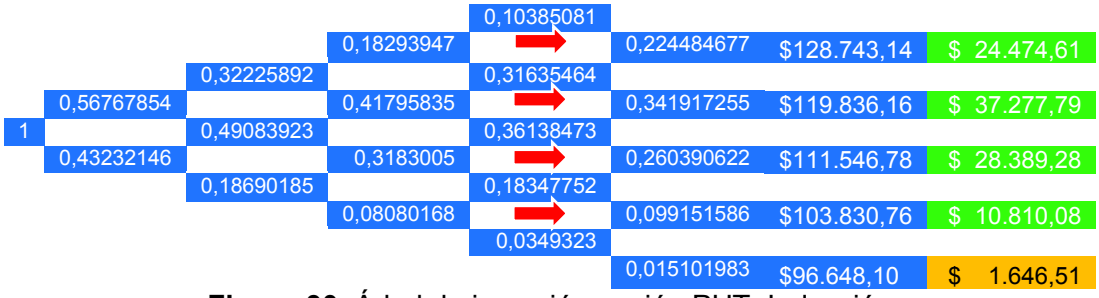


Figura 30. Árbol de inversión opción PUT: Inducción

Fuente: Elaboración propia

Mediante la estructuración del árbol de inversión establecido por las probabilidades del factor al alza y a la baja, se contempla el valor de la inversión en escenarios en donde alcanza valores máximos y mínimos, con el fin de cubrir las variaciones del mercado. Por lo que se tiene como probabilidades al alza 0,22 y 0,34, y como probabilidades a la baja 0,29 y 0,10, generando un valor total de inversión de $100.951,76, dejando un margen de flexibilidad $8.074, correspondiente a los elementos al alza y a la baja menos probables, que en relación a la inversión total de $109.025,75 (costo actualizado) establece un 7,4% de maniobrabilidad para adaptarse a cambios en el mercado.

Finalmente, el tercer elemento de análisis es el árbol generado por el proyecto de inversión de infraestructura mixta (GLP e indicción) con las siguientes características, observar figura 32:

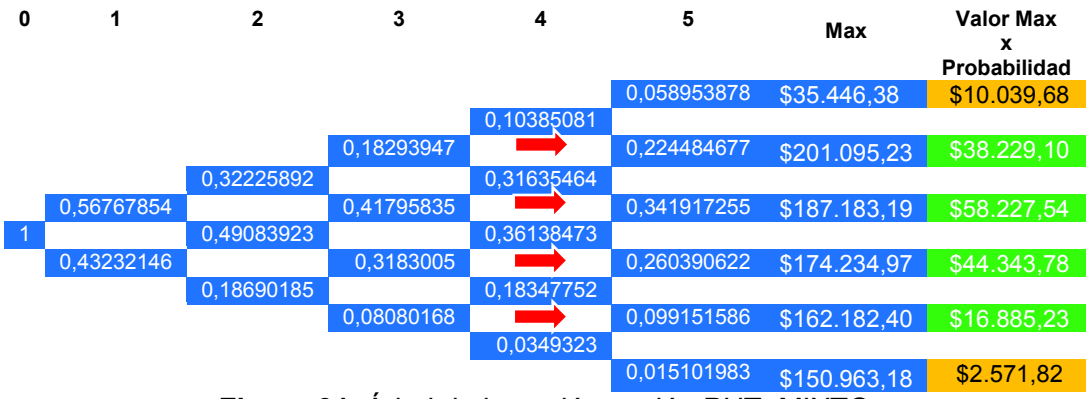


Figura 31. Árbol de inversión opción PUT: MIXTO

Fuente: Elaboración propia

Este elemento de análisis es el más importante dentro del proyecto, puesto que contempla las dos infraestructuras de cocción, de GLP e inducción, aumentando su nivel

de inversión, pero incrementado también su capacidad de responder ante posibles cambios en el mercado. Entonces con la estructuración del árbol de inversión establecido por las probabilidades del factor al alza y a la baja, se contempla el valor de la inversión en escenarios en donde alcanza valores máximos y mínimos, con el objetivo de cubrir las variaciones del mercado. Por lo que se tiene como probabilidades al alza 0,22 y 0,34, y como probabilidades a la baja 0,29 y 0,10, generando un valor total de inversión de $157.685,66, dejando un margen de flexibilidad $12.611,50, correspondiente a los elementos al alza y a la baja menos probables, que en relación a la inversión total de $170.297,16 (costo actualizado) establece un 7,4% de maniobrabilidad para adaptarse a cambios en el mercado.

Las tres opciones de inversión tienen el mismo margen de maniobrabilidad que es del 7,4%, sin embargo, la infraestructura mixta, logra cubrir el costo total de la infraestructura de GLP e inducción en menos tiempo, optimizando la inversión contemplando los factores de riesgo y de éxito del mercado.

Tabla 53. Recuperación de la Inversión

Año	Inversión Mixta	Inversión Parcial	Recuperación Inversión (Años)
0	$2.089,70		
1	$45.142,80		
		$ 61.184,49 GLP	1 años - 3 meses
2	$64.001,16	$ 50.049,17 (Residual)	
3	$45.369,15		
4	$16.080,64		
		$109.025,75 Inducción	2 años – 6 meses
5	$2.279,84	$ 4.753,06 (Residual)	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 53, la inversión de la infraestructura mixta, se recupera en aproximadamente 3 años y 6 meses, dejando un periodo de alrededor de 1 año y 3 meses para gestionar $4.753,06, en el caso de que se presenten inconvenientes, siendo de esta forma la opción más factible, al contemplar los cambios en el precio del GLP y kWh.

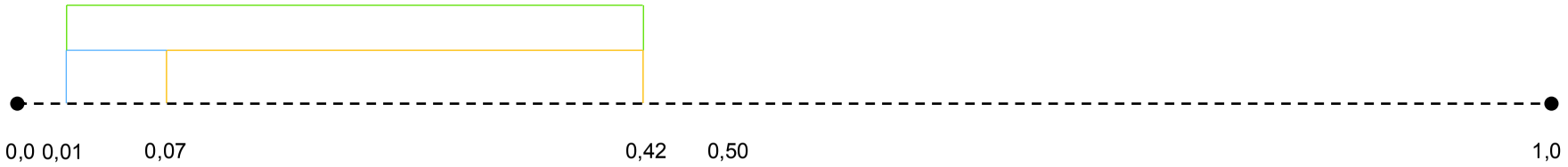
3.1.7 Intervalos de Sensibilidad

Complementariamente al análisis de flexibilidad dentro del proyecto es necesario determinar los intervalos de sensibilidad para establecer los límites de cada inversión de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia, ver tabla 54.

Tabla 54. Intervalos de sensibilidad

Escenario	1	2	3	4	5	6	7	8	9
GLP	$45.429,00	$45.429,00	$45.429,00	$62.877,24	$62.877,24	$62.877,24	$151.504,05	$151.504,05	$151.504,05
Inducción	$96.702,53	$132.323,51	$165.062,12	$96.702,53	$132.323,51	$165.062,12	$96.702,53	$132.323,51	$165.062,12
Mixto	$142.131,53	$177.752,51	$210.491,12	$159.579,77	$195.200,75	$227.939,36	$248.206,58	$283.827,56	$316.566,17
Probabilidades	0,42	0,15	0,03	0,21	0,08	0,02	0,07	0,03	0,01

Fuente: Elaboración propia



Intervalos de sensibilidad

GLP: [0,07: 0,42] → [45.429: 151.504,05]

Inducción: [0,01: 0,07] → [96.702,53: 165.062,12]

Mixto: [0,01: 0,42] → [142.131,53: 316.566,17]

Obtenidos los intervalos de sensibilidad se tiene; que la infraestructura de cocción de GLP es óptimo entre las probabilidades de ocurrencia de 0,07 y 0,42, periodo en donde puede tomar el valor mínimo de $45.429 y un valor máximo de $151.504,05, estando estaos costos por debajo del valor de inversión de la infraestructura de inducción, después de estos valores los costos no son rentables.

En el caso de la infraestructura de cocción de inducción tiene una inversión factible en el intervalo comprendido entre 0,01 y 0,07, pudiendo tomar un valor mínimo de $96.702,53 y un valor máximo de $165.062,12, es decir, es realizable, únicamente cuando esta es menor a los costos de la infraestructura de GLP.

La tercera opción de inversión, mixta, tiene un intervalo más amplio debido a que contempla las probabilidades de la infraestructura de cocción de GLP e inducción, por lo que su periodo es de 0,01 y 0,42, pudiendo tomar un valor mínimo de $142.131,53 y un valor máximo de $316.566,17.

4. CONCLUSIONES

Con los resultados del proyecto en primer lugar se ha obtenido que el modelo de valoración financiero más adecuado para el desarrollo del proyecto de inversión de construcción de infraestructura de cocción de GLP e inducción, es el modelo de opciones reales, puesto que somete al valor de inversión a condiciones sensibles a cambios en el entorno económico y político tanto a nivel nacional como internacional. En este sentido al tener un mayor grado de sensibilidad en comparación con el método de flujos descontados, se puede generar un margen de costos óptimo el cual puede servir para sostener imprevistos financieros adicionales del proyecto de inversión en un periodo de tiempo de 5 años.

La metodología de opciones reales permitió evaluar financieramente los posibles escenarios a generarse a través de los condicionamientos de las dos infraestructuras de cocción analizadas; GLP e inducción, adicionado a una tercera infraestructura denominada “mixta” que considera a las dos infraestructuras en una sola, integrando factores móviles como el precio del GLP de 15 kg, pudiendo este tomar 3 valores; subsidiado 1,65 USD, focalizado 5,00 USD y subsidio eliminado 22,27 USD, y el precio del kWh que para cada variación del precio del gas toma 3 valores; 0,093 USD, 0,12 USD y 0,17 USD. Obteniendo como resultados 3 costos de inversión derivados de la opción PUT (opción más factible para el inversionista); GLP 61.270,98 USD, inducción 109.025,75 USD y mixto 170.296,73 USD.

En cuanto a las alternativas de decisión para el desarrollo del proyecto de construcción de infraestructura de cocción de acuerdo al árbol de decisión se generaron 9 alternativas posibles (3 de alta, 3 de media y 3 de baja), con la finalidad de simular la aplicación de la inversión según el mantenimiento del subsidio del GLP (1,60 USD) y aumento del precio de kWh (0,093, 0,12 y 0,17 USD / kWh), la focalización del subsidio del GLP (5.00 USD) y aumento del precio de kWh (0,093, 0,12 y 0,17 USD / kWh) y la eliminación del subsidio del GLP (22,60 USD) y aumento del precio de kWh (0,093, 0,12 y 0,17 USD / kWh), para mediante probabilidades de ocurrencia definir el escenario más factible, siendo este el escenario 1, el mismo que presenta una probabilidad de 0,42, de esta forma las alternativas de inversión que podrían desarrollarse se basan la construcción de una infraestructura de cocción de GLP con una PUT de inversión de 45.429,00 USD y una

infraestructura de cocción mixta (GLP e inducción) con una PUT de inversión de 142.131,53 USD, esto como respuesta a las necesidades de la población y sobre todo como una opción que soporte los cambios económicos, políticos y sociales del país.

Con la evaluación de los escenarios a través del método de opciones reales se obtuvo que la alternativa de decisión de construcción de infraestructura de cocción de GLP del escenario 1 es la que mayores beneficios generará, pues presenta un margen de rendimiento de 112,87% por sobre la infraestructura de cocción de inducción, por lo que resulta la mejor opción de inversión considerando que su valor PUT es menor al flujo descontado (FD $ 48.176,09 > PUT $ 45.364,88) teniendo así un margen de maniobrabilidad del 6% ante posibles cambios en las condiciones de inversión. Con esta evaluación adicionalmente se plantea la inversión en la construcción de las dos infraestructuras de cocción (GLP e Inducción) es decir, una construcción mixta, esto considerando que las directrices económicas y políticas del Ecuador apuntan hacia un mantenimiento del subsidio del GLP y precio del kWh, lo que genera la estrategia de inversión integral, cumpliendo con las expectativas del usuario e incluyendo dos alternativas de cocción vigentes en el mercado. El costo de inversión total del proyecto mixto a través de opciones reales, se presenta con una PUT de $ 142.131,53.

Con la construcción del modelo de opciones reales para la inversión de proyecto de construcción de infraestructuras de cocción, se genera un aporte tanto a nivel social como económico, puesto que con las condiciones que ofrece este método se puede mejorar la evaluación financiera de las inversiones obteniendo un valor presente más ajustado que permite tener construcción a menor costo para el usuario y con un mayor nivel de rentabilidad para el inversionista, lo que facilitará el acceso a este tipo de infraestructuras de cocción a más personas. Desde la perspectiva profesional mediante la sistematización de los procesos de cálculo del método de opciones reales se mejorarán los tiempos de planificación y ejecución de obras eléctricas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] S. García, «Introducción a la economía de la empresa,» Ediciones Díaz Santos, Madrid, 1994.

[2] S. Fernandez, «Proyecto de inversión: evaluación financiera,» 2014.

[3] Pymesfuturo, 2011. [En línea]. Disponible: Pymesfuturo.com/costobeneficio.html. [Último acceso: 2017].

[4] E. Douglas, Fundamento de Administración Financiera, Madrid, 2009.

[5] G. Mackie, Desarrollo probabilístico, México : Dante , 1973.

[6] D. Horsey, Fundamentos de Probabilidad y Estadística, México : Panteleeva, 2005.

[7] S. Harbey, Elementos de probabilidad y estadística, México : REVERTÉ, 2002.

[8] E. Buitrago, Probabilidad y Estadística: Aplicaciones a la Ingeniería y Ciencias, México : Patria, 2007.

[9] A. M. C. Fernández y V. M. T. Bustamante, «Decisiones de Inversión a Través de Opciones Reales,» Estudios Generales, Cali, 2009.

[10] C. A. García, «Un caso de Estudio para Evaluar Alternativas de Inversión usando Opciones Reales.,» Universidad de Puerto Rico, 2004.

[11] H. Anaya, Analisis Financiero Aplicado, 2013.

[12] L. Stentoft, Modelos de evaluación financiera, México : Ecoediciones , 2004.

[13] D. Hull, Valoración de empresas, Barcelona: EPICA, 2009.

[14] Protección Civil, 01 2015. [En línea]. Disponible: http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cuantitativos/cuant_252.htm. [Último acceso: 2017].

[15] L. Cañar, 2014. [En línea]. Disponible: http://www.utm.mx/~jahdezp/archivos%20estructuras/DESICION.pdf. [Último acceso: 2017].

[16] altonivel.com, «altonivel.com,» 2013. [En línea]. Disponible: http://www.altonivel.com.mx/36690-arbol-de-decision-una-herramienta-para-decidir-correctamente/. [Último acceso: 2017].

[17] G. López, «EL PROBLEMA DEL GAS DE COCINA (GLP) Y EL GAS NATURAL,» 2013. [En línea]. Disponible: https://vivapy.wordpress.com/2010/08/06/el-problema-del-gas-de-cocina-glp-y-el-gas-natural/.

[18] A. Christ y G. Rene, Exposure of the human body to proffessional and

domesticlinduction cooktops, New York, 2015.

[19] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Informe Cocinas de inducción vs GLP, Quito: INEC, 2009.

[20] Ministerio del Ambiente, Uso Cocinas GLP, Quito, 2015.

[21] L. Carvajal, Metodología de la Investgación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.

[22] M. Bravo, CONTABILIDAD GENERAL, QUITO: NUEVODIA, 2005.

[23] L. Bernstein, Análisis de Estados Financieros.

[24] M. Naranjo, Análisis e Interpretacion de Estados Financieros.

[25] A. Diaz, «Estadística aplicada a la administración y economía,» 2013.

[26] Métodoscuantitativos.com, 01 2013. [En línea]. Disponible: http://metodoscuantitativo2.galeon.com/enlaces2218784.html. [Último acceso: 11 2017].

[27] M. Pliego y L. R. Maya, «Estadística Probabilidad,» Editorial AC, Madrid, 1997.

[28] Ministerio del Ambiente, «Ministerio del Ambiente,» 2011. [En línea]. Available: http://www.ambiente.gob.ec/la-utilizacion-de-cocinas-de-induccion-genera-grandes-beneficios-ambientales/.

[29] MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE, *Prospectiva Energética en un Contexto de Desarrollo Sustentable,* 2008.

[30] P. Vásquez, *Flexibility-Based Decision-Making Framework for Facing the Current Transmission Expansion Planning Problem,* San Juan, 2009.

[31] J. Mascareñas, «Universidad Complutense de Madrid,» Julio 2007. [En línea]. Available: http://pendientedemigracion.ucm.es/info/jmas/mon/14.pdf.

[32] P. Fernández, «IESE Business School,» Agosto 2008. [En línea]. Available: http://www.iese.edu/research/pdfs/di-0760.pdf.

[33] F. Fariñas Fernández, «Expansiòn,» [En línea]. Available: http://www.expansion.com/diccionario-economico/opciones-reales.html.

[34] MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE, *Sustitución masiva de cocinas de GLP en el sector residencial de las fronteras Norte y Sur, con la utilización de cocinas eléctricas de inducción,* 2009.

[35] W. G. Hidalgo, *IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COCCIÓN DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A. EN LA CIUDAD DE LOJA,*

Cuenca: Universida de Cuenca, 2014.

[36] J. Acuña, L. Moncada y P. Vásquez, «Cooking and water heating with LPG or Electricity – an economic assessment with policy issues,» vol. 1, nº 1, p. 6, 2015.

[37] P. Vásquez, F. Olsina y A. Vargas, «Flexibilidad Estratégica de Inversiones en Generación Distribuida en la Planificación de la Expansión de los Sistemas de Transmisión,» vol. 1, nº 1, p. 6, 2015.

[38] M. Yang y W. Blyth, «Modeling Investment Risks and Uncertainties with Real Options Approach,» *International Energy Agency Working Paper Series,* vol. 1, nº 5, p. 30, 2007 .

[39] W. Bailey, A. Bhandari y S. Faiz, «Valoración de las opciones reales,» *Oilfield Review,* vol. 4, nº 2, p. 16, 2004.

[40] P. Brañas, F. Jiménez y A. Morales, «Strategic Uncertainty and Risk Attitudes: The Experimental Connection,» *Cuadernos de Economía,* vol. 27, nº 1, p. 14, 2004.

[41] F. Palacios, S. Rayo y R. Herrería, «VALORACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD DE PROYECTOS DE INVERSIÓN MEDIANTE OPCIONES REALES: EL VAN AMPLIADO,» *Universidad ed Granada ,* vol. 2, nº 3, p. 14, 2006.

6. ANEXOS

6.1. Escenarios del Proyecto

	Hasta diciembre del 2017	Desde enero del 2018	
ESCENARIO 1	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 1.60	1,6
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.093 Y 80kWh GRATIS	0,093
ESCENARIO 2	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 1.60	1,6
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.12	0,12
ESCENARIO 3	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 1.60	1,6
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0,17	0,17
ESCENARIO 4	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 5.00	5
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.093 Y 80kWh GRATIS	0,093
ESCENARIO 5	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 5.00	5
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.12	0,12
ESCENARIO 6	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 5.00	5
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0,17	0,17
ESCENARIO 7	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 22.27	22,27
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.093 Y 80kWh GRATIS	0,093
ESCENARIO 8	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 22.27	22,27
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.12	0,12
ESCENARIO 9	Cilindro de gas a USD 1.60	Cilindro de gas a USD 22.27	22,27
	Gratuidad de 80kWh + 20kWh	Costo de kWh a USD 0.17	0,17

6.2. Flujos Descontados

	Escenario 1		Escenario2		Escenario3		Escenario4		Escenario5	
	GLP	Electricidad	GLP	Electricidad	GLP	Electricidad	GLP	Electricidad	GLP	Electricidad
Inversión	$27.482,00	$43.494,64	$27.482,00	$43.494,64	$27.482,00	$43.494,64	$27.482,00	$43.494,64	$27.482,00	$43.494,64
Operación finales del 2017	$1.430,02	$7.480,46	$1.430,02	$7.480,46	$1.430,02	$7.480,46	$1.430,02	$7.480,46	$1.430,02	$7.480,46
Operación desde 2018	$1.430,02	$7.480,46	$1.430,02	$13.684,20	$1.430,02	$19.385,96	$4.468,80	$7.480,46	$4.468,80	$13.684,20
Mantenimiento	$1.540,00	$927,64	$1.540,00	$927,64	$1.540,00	$927,64	$1.540,00	$927,64	$1.540,00	$927,64
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
n1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
tasa de descuento	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
VP1	$2.775,72	$7.858,04	$2.775,72	$7.858,04	$2.775,72	$7.858,04	$2.775,72	$7.858,04	$2.775,72	$7.858,04
VP2	$18.084,43	$51.196,93	$18.084,43	$88.971,55	$18.084,43	$123.689,53	$36.587,60	$51.196,93	$36.587,60	$88.971,55
Valor Presente Total (VPT)	$48.176,09	$102.549,61	$48.176,09	$140.324,23	$48.176,09	$175.042,21	$66.679,25	$102.549,61	$66.679,25	$140.324,23
A	$6.859,19	$14.600,76	$6.859,19	$19.979,01	$6.859,19	$24.922,07	$9.493,62	$14.600,76	$9.493,62	$19.979,01
Mejor opción	GLP		GLP		GLP		GLP		GLP	

Escenario6		Escenario7		Escenario8		Escenario9	
GLP	Electricidad	GLP	Electricidad	GLP	Electricidad	GLP	Electricidad
$27.482,00	$43.494,64	$27.482,00	$43.494,64	$27.482,00	$43.494,64	$27.482,00	$43.494,64
$1.430,02	$7.480,46	$1.430,02	$7.480,46	$1.430,02	$7.480,46	$1.430,02	$7.480,46
$4.468,80	$19.385,96	$19.904,04	$7.480,46	$19.904,04	$13.684,20	$19.904,04	$19.385,96
$1.540,00	$927,64	$1.540,00	$927,64	$1.540,00	$927,64	$1.540,00	$927,64
10	10	10	10	10	10	10	10
1	1	1	1	1	1	1	1
0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
$2.775,72	$7.858,04	$2.775,72	$7.858,04	$2.775,72	$7.858,04	$2.775,72	$7.858,04
$36.587,60	$123.689,53	$130.572,78	$51.196,93	$130.572,78	$88.971,55	$130.572,78	$123.689,53
$66.679,25	$175.042,21	$160.664,43	$102.549,61	$160.664,43	$140.324,23	$160.664,43	$175.042,21
$9.493,62	$24.922,07	$22.875,00	$14.600,76	$22.875,00	$19.979,01	$22.875,00	$24.922,07
GLP		Electricidad		Electricidad		GLP	

ORDEN DE EMPASTADO