



TOMA DE DECISIONES DE INVERSIÓN MEDIANTE MÉTODOS PROBABILÍSTICOS

INVESTMENT DECISION MAKING USING PROBABILISTIC METHODS

RAFAEL SANTIAGO AHUMADA LERMA¹
CARLOS MAURICIO PINZÓN SEQUERA²

1 Magíster en Gestión y Evaluación de Proyectos de Inversión - contador público. Universidad Externado de Colombia. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: Rafael. ahumada@uexternado.edu.co - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3657-7947>

2 Magíster en Gestión y Evaluación de Proyectos de Inversión – ingeniero industrial. Universidad Externado de Colombia. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: Carlos. pinzon02@est.uexternado.edu.co - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1309-3325>
Código JEL: F37/F39/L60/L39/O14.

Fecha de recepción: 1/02/2019

Fecha de aceptación: 13/03/2019

DOI: <https://doi.org/10.18601/16577175.n24.08>

RESUMEN

En el artículo, se evalúa una posible inversión de forma estocástica con el propósito de mitigar riesgos y poder tomar una decisión exitosa para la compañía, dando como resultado un óptimo de la operatividad y mejorando el valor de esta. Los escenarios a evaluar serán tres, los cuales dos se diferencian en el método de financiación de compra de una maquina inyectora y el tercero será un escenario en el que no se realiza la compra. Los flujos de caja serán realizados de forma estocástica, modelando escenarios probabilísticos con Crystall Ball, herramienta que a través de simulaciones y distribuciones de probabilidad proyectan las ventas de vehículos y los costos de la materia prima que afecta la maquina en un periodo a evaluar de 48 meses.

Palabras clave: evaluación de inversiones financieras, procesos estocásticos, valor presente, tasa interna de retorno, variables financieras, flujo de caja, proyección, convolución.

ABSTRACT

In the article, a possible investment is evaluated in a stochastic way with the purpose of mitigating risks and being able to make a successful decision for the company, resulting in an optimal operation and improving the value of this. The scenarios to be evaluated will be three, which two will be different in the method of financing of purchase of an injection machine and the third will be a scenario in which the purchase is not made. The cash flows will be performed stochastically, modeling probabilistic scenarios with Crystall Ball, a tool that through simulations and probability distributions project the sales of vehicles and the costs of the raw material that affects the machine in a time to evaluate 48 months.

Keywords: Evaluate financial investments, stochastic process, present value, internal rate of return, financial variables, cash flow, projection, convolution.

INTRODUCCIÓN

En el siguiente artículo, se tomará un ejemplo empresarial para evaluar inversiones financieras de forma estocástica para disminuir los riesgos a niveles óptimos y tomar una decisión que beneficie la compañía aumentando la operatividad y aumentando el valor de esta; las variables financieras que se utilizaran para medir la viabilidad de la inversión son la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN), lo anterior por medio de tres escenarios estocásticos. El primer escenario a evaluar será una proyección de la compañía sin adquirir la inyectora, el segundo escenario será cuando se adquiere la maquina inyectora, financiado el proyecto a través de un préstamo a totalidad con el banco a una tasa de 1,1 % MV a 48 meses, y la tercera opción será la compra del bien, 40 % del valor total de la maquina por el dueño de la empresa con

capital propio, ganando sobre las utilidades el porcentaje aportado para adquirir el bien multiplicado por el costo del patrimonio pagado anualmente y el 60 % restante a través de financiación bancaria a una tasa de 1,1% MV a 48 meses.

Los flujos de caja serán realizados de forma estocástica, modelando diversos escenarios probabilísticos con Cystall Ball, una extensión de Excel que permite a través de simulaciones y distribuciones de probabilidad proyectar las ventas de vehículos en los próximos 48 meses. De los datos obtenidos se marginó, proporcionalmente, el porcentaje de participación del mercado de la compañía en los últimos 84 meses; no obstante, no se tomó un promedio ponderado de los datos. Se ejecutó una predicción con Crystall Ball con una distribución estadística triangular, segmentando la menor venta posible, la venta con mayor probabilidad de ocurrencia y las mayores ventas, con una densidad de probabilidad igual a cero y datos de muestra limitados, ya que no se sabe con veracidad cual va a ser la proporción de las ventas. Además, de forma estocástica las ventas del producto inyectados a futuro se tomaron de las ventas históricas de la empresa, para así proyectar los flujos de caja; sin embargo, estos costos y las unidades vendidas por ser distribuciones de probabilidad no se pueden multiplicar de forma normal entre sí, siendo necesario realizar convoluciones para ajustar las probabilidades y obtener un resultado con una nueva distribución (convolución entre distribuciones).

DESARROLLO

En toda compañía existen puntos de inflexión que recaen en los gerentes, quienes toman decisiones trascendentales para mejorar el crecimiento empresarial. Gracias a diversos desarrollos, análisis y herramientas recientes, los procesos de toma de decisiones se pueden direccionar para disminuir la incertidumbre de la ejecución de un proyecto. En el presente artículo se realiza un estudio de factibilidad con teorías ya dadas de métodos estocásticos como convoluciones, método Montecarlo, entre otros. Para la adquisición de una maquina inyectora, este estudio de aplicación se realizará en el marco del proceso productivo de la empresa RA Manufactura Automotriz, empresa dedicada a la fabricación de kits y tapetes para vehículos. Cabe resaltar que estos procesos estocásticos se deberán ajustar a la medida de cada empresa, si se desea evaluar una decisión de inversión.

Para llevar a cabo lo anterior, se evaluará mediante la consideración de escenarios estocásticos, si el esquema financiero considerado para la compra de la máquina de inyección mejorará las utilidades de la compañía contrastando el valor presente neto (VPN) definido por Enrique Santa Cruz (2017) como “un indicador que sirve para evaluar situaciones que se pueden dar en el futuro de la empresa” (p. 176) y tasa interna de retorno (TIR) definida como “una herramienta de la administración financiera utilizada como indicador para evaluar proyectos [...]”. Este indicador permite medir la bondad económica de los proyectos” (Navarro, 2017) de cada uno de los escenarios.

Siguiendo a Gerardo Alva Menéndez, gerente de procesos Grant Thornton, se puede afirmar que RA Manufactura Automotriz S.A.S. (ahora RA) busca optimizar su

planta para poder satisfacer las necesidades de cada uno de sus clientes, evaluando la compra de una máquina inyectora.

Optimización de procesos está orientado en ayudar a la empresa a rediseñar sus procesos de negocio con el objetivo de reducir costos y mejorar la eficiencia, obteniendo así el mayor beneficio posible usando las herramientas de mejora adecuada, cuyo uso es fundamental para lograr resultados efectivos. Un proceso defectuoso genera sobrecostos y si es un proceso “Core” resta competitividad y eventualmente afecta la rentabilidad. (Menéndez, 2016).

RA ha estado en constante crecimiento desde que se creó en el 2010, inició con cuatro máquinas, dos de ellas ribeteadoras, una maquina plana y una máquina de corte vertical; debido a la llegada de nuevos clientes se fueron implementado mejoras en la compañía, iniciando con la compra de una bodega, esto implicó la adquisición de nueva maquinaria financiada con préstamos bancarios. Una inversión de 1300 millones de pesos que optimizó los procesos productivos, llevando a la mejora de la empresa en tiempos de entrega y reducción de costos. Cumpliendo el principio según Florangel Ortiz citado en Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference: “[...] para innovar en una empresa se puede considerar las siguientes estrategias: incrementar los ingresos por productos nuevos o mejorados, [...] mejorar la eficiencia operativa a través de cambios en los métodos actuales [...] [e invertir] en tecnologías de producción” (Mejía Giraldo, Montoyo Serrano y Bravo Castillo, 2011).

Actualmente la compañía cuenta con la posibilidad de adquirir dos nuevos clientes, los cuales demandarían un número mayor de productos de kit de carretera, por lo cual se analizará la compra de la inyectora la que fabricará los insumos de tacos, conos, cajas y señales plásticas que hacen parte de este.

Por lo ocurrido anteriormente, en su pérdida de clientes es necesario tener en cuenta factores probabilísticos para poder mitigar el riesgo e incertidumbre en la adquisición de activos fijos que no se consideró cuando se realizó la inversión en los 1300 millones de pesos, por esta razón es necesario aplicar un modelo estocástico, puesto que este ayudará a modelar con varias pruebas de muestreo los hechos que puedan ocurrir a futuro como lo es la venta de vehículos los cambios en precios entre estos factores esto permitirá tener varias probabilidades de ocurrencia para poder mitigar la brecha de incertidumbre en la inversión.

Cabe resaltar que aunque se compre esta máquina no se garantizará el 100 % de su eficacia en la producción de los insumos, debido a factores ajenos a la función misma como el capital humano, tal como lo menciona Pedro Zapata Sánchez, autor del libro *Contabilidad de costos*, quien asegura que “resulta vital establecer la capacidad instalada en cada una [de las manufactureras] y con seguridad se llegará a determinar que tiene capacidades de producciones diferentes, esta realidad no se puede corregir, más aún, el equilibrio o balance productivo no existe” (Sánchez, 2015). Esto nos da a entender que se debe tener en cuenta otro tipo de variables para comprar este activo fijo.

Para entender este tipo de variables se deben analizar los tres elementos del costo: materia prima, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación.

El análisis propuesto se realizará a cuatro años, evaluando los indicadores financieros mencionados, como lo son VPN y TIR, utilizando procesos estocásticos, los cuales son definidos por los autores Población y Serna como “modelos utilizados para modelar el comportamiento a lo largo del tiempo, del precio de un activo financiero, y, en este sentido, una variable que cambia a lo largo del tiempo de forma incierta” (Calvo, 2015), en tres diferentes escenarios revisando las diferentes fluctuaciones que estos indicadores tienen.

METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS FINANCIEROS

En el presente proyecto se busca con la modelación, proyectar indicadores financieros como lo son VPN y TIR que demuestren la viabilidad de este, minimizando la incertidumbre a través de datos históricos del sector. En los diversos flujos de caja esperados por el inversionista a través de la modelación en un flujo de caja proyectado por medio de modelos estocásticos se desea minimizar la incertidumbre y el error que se puedan presentar en estos modelos por variaciones de situaciones de mercado como lo son acciones políticas, contextos económicos del país, entre otros, que puedan afectar este modelo.

La primera vez en la historia que se habló de simulación fue en 1949, cuando John von Neumann y Stanislaw Ulam presentaron el denominado método de Monte Carlo, desde entonces la simulación ha sufrido un crecimiento muy fuerte, especialmente, en las dos últimas décadas, este crecimiento ha sido vertiginoso gracias al desarrollo de los ordenadores. Dar una definición exacta de la simulación no es una tarea fácil dada la amplitud de las aplicaciones y sistemas a los que se aplica. Sin embargo, una buena definición sería la dada por Shannon en 1975, según la cual, simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con este con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema. Varios conceptos son utilizados en esta definición y deben ser precisados.

– Sistema: conjunto de objetos o ideas que están interrelacionadas entre sí como una unidad para la consecución de un fin. Forma parte de la vida real.

– Modelo: representación simplificada de un sistema. Es una abstracción del sistema (Vitoriano, 2012).

Monte Carlo

La simulación de Monte Carlo es una técnica ampliamente utilizada en el análisis probabilístico de sistemas de ingeniería. Es una técnica de experimentación numérica para obtener las estadísticas de las variables de salida de un modelo computacional de un sistema, dadas las estadísticas de las variables de entrada. En cada experimento, los niveles de las variables aleatorias de entrada se muestrean con base en sus distribuciones y las variables de salida se calculan utilizando el modelo computacional, así un

número de experimentos se llevan a cabo de esta manera y los resultados se utilizan para calcular las estadísticas de las variables de salida (Cruse, 1997).

Este método emplea números aleatorios uniformemente distribuidos en el intervalo $[0,1]$, que es utilizado para resolver problemas en los que la evaluación con el tiempo no es de importancia (Tarifa, s. f.), por otra parte, según Banks, Carson y Nelson (1996), la simulación se puede distinguir en las siguientes etapas:

- Formulación por problema: debe quedar perfectamente establecido el objeto de la simulación.

- Definición del sistema: el sistema a simular debe estar perfectamente definido.

- Formulación del modelo: etapa que realiza los aspectos relevantes del sistema.

- Colección de datos: la naturaleza y cantidad de datos necesarios determinados por la formulación del problema y del modelo.

- Implementación del modelo en la computadora: el modelo se implementa mediante un lenguaje computacional.

- Verificación: etapa que comprueba que no se hayan cometido errores durante la implementación del modelo.

- Interpretación: se analiza la sensibilidad del modelo con aspectos a los parámetros que se asociaron a la incertidumbre.

Por otra parte, en los análisis generados bajo modelación estocástica, la incertidumbre se asocia a la duración de las actividades, las cuales incorporan observaciones de probabilidad bajo diversas distribuciones. Para poder multiplicarse entre sí, se deben ajustar las densidades a través de convoluciones simples y obtener un dato con mayor precisión.

Convoluciones

Debido a que las funciones de probabilidad de cada producto inyectado se van a operar en el flujo de caja, es necesario realizar una convolución entre las distribuciones para obtener un resultado real. La convolución es el operador matemático que convierte dos funciones f y g , en una tercera función que representa la magnitud en la que se superpone f y una versión trasladada e invertida de g ; es decir, convolución da la magnitud del recorrido que hace una función f desplazándose en otra función g (Urbina, 2019).

Ventajas e inconvenientes de la simulación

Puesto que existen dos métodos para obtener modelos, los cuales son determinísticos y estocásticos, cabe preguntarse cuándo es ventajoso utilizar la simulación y qué inconvenientes puede tener.

Cuando puede ser ventajosa la simulación:

- Si no existe formulación matemática del modelo o los métodos de resolución, por ejemplo, cuando se va a construir un aeropuerto para prever las necesidades de infraestructuras necesarias, no existe un modelo matemático que pueda contemplar

todo conjuntamente. Otro ejemplo son los sistemas de líneas de espera para los que se puede plantear un modelo, pero para muchos de ellos no existen métodos matemáticos para resolver las ecuaciones resultantes.

– Si se desea experimentar con el sistema antes de su uso o construcción, el ejemplo más conocido son los simuladores de vuelo, pero no es el único, ya que, cada vez es más habitual la implantación de puestos de formación para operadores de sistemas, de modo que puedan practicar con el modelo como si lo hicieran con el sistema.

– Por último, una característica importante de la simulación es que permite estudiar sistemas dinámicos en tiempo real.

Sin embargo, también tiene ciertos inconvenientes:

– La construcción del modelo puede ser compleja y costosa, por ejemplo, la construcción de un buen modelo socioeconómico mundial le puede llevar unos cinco años de trabajo a un equipo.

– Es difícil establecer el grado de precisión de los resultados, ya que se obtienen muestras y como tales han de ser analizadas con sus limitaciones. Es decir, cuando existe aleatoriedad los resultados han de verse como tales, aleatorios y analizados con sumo cuidado y rigurosidad mediante técnicas estadísticas (Vitoriano, 2012).

Niveles de aceptaciones al riesgo

La toma de decisiones de criterio financiero, se puede medir dependiendo del nivel de aceptación del riesgo que tenga el inversionista, esto se dividen en tres categorías: amante, neutral y averso al riesgo, los cuales Roy Gardner (1996) los define de la siguiente manera:

– Amante al riesgo: “Los amantes del riesgo corren riesgos a no ser que las probabilidades estén lo suficientemente en contra”.

– Neutral al riesgo: “El riesgo no afecta el proceso de toma de decisiones de este jugador si no afecta el valor esperado”.

– Averso al riesgo: “Los jugadores aversos al riesgo, lo evitan a no ser que las probabilidades estén lo suficientemente a su favor”.

APLICACIÓN

Explicación modelo sin opción de inversión en CAPEX

La construcción de este tipo de modelos requiere de un flujo de caja proyectado, este se deriva de un estado de integral de resultados, del cual se deben tener en cuenta datos como unidades vendidas que se analizarán de manera estocástica, precios de venta, costos los cuales tendrán un comportamiento estocástico y unos gastos que dependerán de los ingresos y otros que serán con un crecimiento constante utilizando el IPC, también se utilizará información relevante del estado de situación financiera como lo son rotaciones en días promedio de sus actividades de operación, que se manejarán

de manera determinística. Es importante mencionar que todo este análisis se realizará sobre la marginalidad de los productos que se fabricarán por la maquina inyectora.

Para la evaluación del proyecto se tuvo en cuenta tres opciones: la primera consiste en evaluar la empresa sin inversión en CAPEX, que se define como “la inversión en capital o inmovilizado fijo que realiza una compañía ya sea para adquirir, mantener o mejorar su activo no corriente” (Abellán, 2018), proyectando los datos históricos cuarenta y ocho meses, empezando con la ventas de vehículos en función de las estadísticas obtenidas por la base de datos de la Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (Andemos), esto se logró con la herramienta de Crystal Ball “predictor”, la cual analiza datos de tendencia y variaciones estacionales, ya que debido a que las ventas de vehículos son estacionales, la herramienta permite proyectar este tipo de datos, tal como se refleja en el gráfico 1.

Gráfico 1.
Proyección venta de vehículos



Fuente: elaboración propia.

A partir del gráfico 1, se infiere que el alza en este tipo de bien siempre es en el mes doce de cada año, de igual manera, el método utilizado por el *software* Crystal Ball fue multiplicativo estacional, este permite que el estudio de las tendencias históricas se pueda suavizar para poder ajustar de manera correcta los datos a proyectar, permitiendo predecir con un intervalo de confianza del 2% al 97,5% la venta de los vehículos.

Cabe agregar que para la primera opción se tuvo en cuenta los costos históricos de cada uno de los siguientes productos (productos inyectados):

- Cajas para botiquines.
- Señales plásticas reflectivas.
- Conos plásticos.
- Tacos plásticos.

Con los costos históricos se ajustó la distribución de cada uno de estos materiales para poder proyectar costos aleatorios de manera razonable.

Para las cajas de botiquines, el ajuste de distribución dado por Crystal Ball fue denominada *uniforme discreto*, esto significa que todos los valores en el rango tienen la misma probabilidad de ocurrencia, dando los siguientes parámetros de distribución:

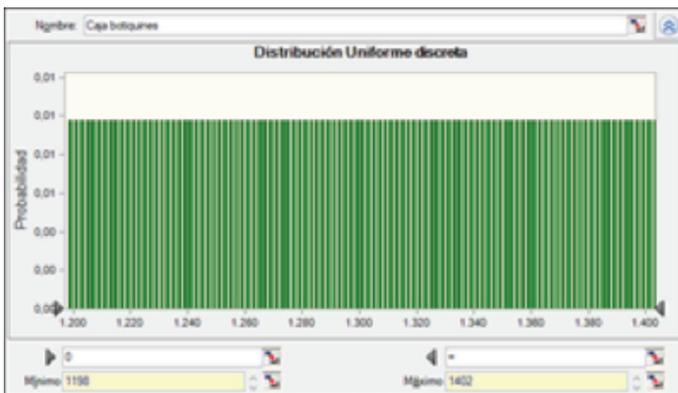
Cuadro 1.
Estadísticos cajas de botiquines

Estadísticos	Caja de botiquín (plástica)
Número de datos	84
Media	1300
Mediana	1300
Desviación estándar	59
Varianza	3.502
Sesgo	0
Curtosis	1,8
Coficiente	0,0455
Mínimo	1198
Máximo	1402

Fuente: elaboración propia.

Analizando los 84 datos obtenidos de los costos históricos y con el ajuste de distribución, se observa que la distribución de los datos presenta una media de 1300 pesos, un máximo de 1402 pesos y un mínimo de 1198 pesos, por tanto, se puede analizar que debido a una distribución cualquiera de estos resultados en el momento de la simulación, se tiene la misma probabilidad de ocurrencia.

Gráfico 2.
Distribución cajas de botiquines



Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, realizando el ajuste de distribución de las señales reflectivas dado por Crystal Ball, este arroja una distribución “binomial negativa”, la cual se puede dar por las siguientes condiciones:

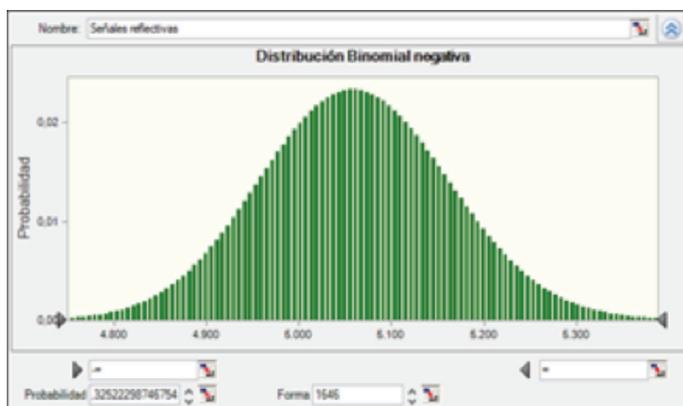
1. La cantidad de interacciones o datos no es fija.
2. Las interacciones continúan hasta el éxito r th (las interacciones nunca son inferiores a r).
3. La probabilidad de éxito es la misma de ensayo a ensayo.

Cuadro 2.
Estadísticos señales reflectivas

Estadísticos	Señales reflectivas
Número de datos	84
Media	5061
Mediana	5060
Desviación estándar	102
Varianza	10501
Sesgo	0,0503
Curtosis	3
Coefficiente	0,0202
Mínimo	1646
Máximo	Infinito

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3.
Distribución señales reflectivas



Fuentes: elaboración propia.

Se encuentra en la distribución de las señales reflectivas, la media y la mediana con valores similares, 5,061 y 5,060 respectivamente, una desviación estándar de 102 y sesgo de 0,05; desplazando la curva a la izquierda y una curtosis significativa (3), representando una concentración de datos en la media.

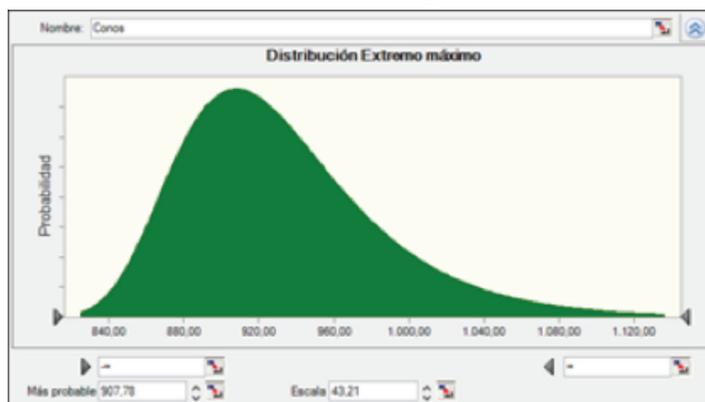
Del mismo modo, se analizó la distribución de los conos plásticos, la cual, realizando el ajuste de distribución en *software*, arrojó que tiene una distribución “extremo máximo” que se define como el valor más alto de una respuesta a lo largo de un periodo de tiempo, dando los siguientes parámetros para este producto.

Cuadro 3.
Estadísticos conos plásticos

Estadísticos	Conos
Número de datos	84
Media	933
Mediana	924
Desviación estándar	55
Varianza	3071
Sesgo	1,14
Curtosis	5,4
Coficiente	0,0594
Mínimo	Menos inf
Máximo	Inf

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4.
Distribución conos plásticos



Fuente: elaboración propia.

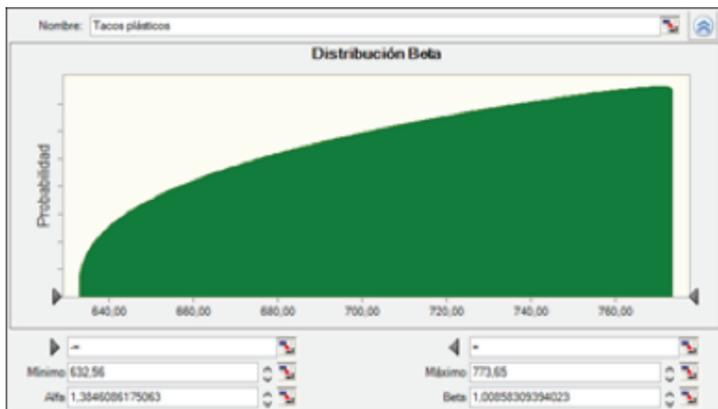
Por último, se evaluó la distribución de los tacos por Crystal Ball, esto nos proyectó una distribución “beta” la cual está definida por el autor José González (2014): “representa una familia de distribuciones de probabilidades continuas con un soporte de intervalo (0,1)”, esta presenta las siguientes condiciones:

Cuadro 4.
Estadísticos tacos

Estadísticos	Tacos
Número de datos	84
Media	714
Mediana	718
Desviación estándar	38
Varianza	1430
Sesgo	-0,2668
Curtosis	1,97
Coficiente	0,053
Mínimo	633
Máximo	774

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 5.
Distribución tacos



Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, se procede a realizar las convoluciones entre los costos de venta unitario de cada uno de los productos, realizando matrices con un rango de venta de vehículos, como se refleja en la siguiente tabla, lo que permite determinar los costos de ventas totales para proceder a realizar el respectivo análisis de previsión, por cada uno de los meses de la proyección.

Cuadro 5.
Convolución ventas totales

Unidades vendidas de vehículos	Valor mínimo de la caja	Valor medio	Valor máximo	Desviación estándar	Costo	Costo acumulado
0					0	0
405	1198	1300	1402	59	1202	486.810,00
505	1198	1300	1402	59	1327	670.135,00
605	1198	1300	1402	59	1260	762.300,00
705	1198	1300	1402	59	1372	967.260,00
805	1198	1300	1402	59	1365	1.098.825,00
905	1198	1300	1402	59	1359	1.229.895,00
1005	1198	1300	1402	59	1400	1.407.000,00

Fuente: elaboración propia.

Debido a esto, se logró establecer un promedio de costos de ventas por cada uno de los meses, explicando que los periodos que en mayor y menor cuantía generan costos son diciembre y enero, debido a la estacionalidad de estos, reflejando que el tope promedio de costos en diciembre puede llegar a ser \$ 14 669 808 de pesos y los costos mínimos en enero pueden ser \$ 8 555 616 de pesos tal como se muestran en los gráficos de previsión.

Gráfico 6.
Promedio costos en diciembre

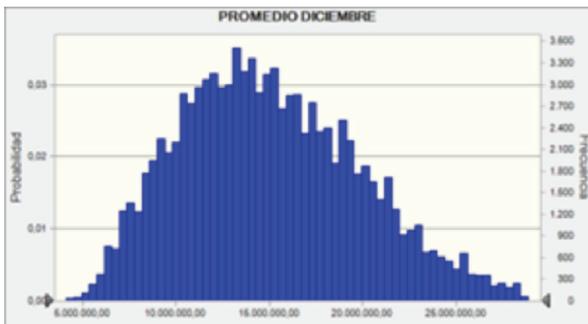
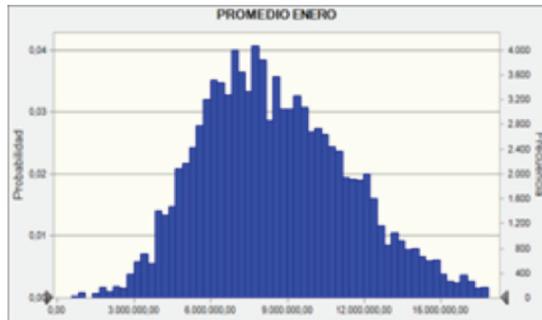


Gráfico 7.
Promedio costos en enero



Para continuar con el análisis de viabilidad del proyecto de la primera opción, se tuvo en cuenta los precios de venta de cada uno de los productos que fueron brindados por la gerencia de la compañía, dando como resultado los siguientes precios en pesos colombianos (COP):

- Cajas plásticas: 2800
- Señales reflectivas: 700
- Conos plásticos: 1250
- Tacos plásticos: 1100

Estos precios se proyectaron con un incremento anual a la tasa del índice de precios al consumidor (IPC) del 2018, debido a que fue el periodo de inicio de la proyección que fue 3,7% EA, con esta proyección de precios se decretaron los ingresos de la compañía para los 48 meses evaluados.

Sobre estos ingresos totales se estableció una tasa sobre ellos para poder determinar los gastos proyectados de la compañía, teniendo en cuenta los datos históricos se analizó la porción de los gastos dando como resultado lo siguiente:

Cuadro 6.
Gastos históricos

Gastos	
Mínimo	20 %
Más probable	23 %
Máximo	26 %

Fuente: elaboración propia.

Además, se cargaron gastos fijos de depreciación de algunos activos fijos que participan en la parte operacional de la compañía como los equipos de oficina, muebles y enseres. Por último, se tuvo en cuenta los gastos de impuesto de ICA (impuesto de industria y comercio de Bogotá), con una tarifa de 11,04 x 1000 calculado sobre los ingresos.

Con todos los datos obtenidos anteriormente se continúa con la elaboración del estado integral de resultados, del cual se generaron datos representativos después de la simulación (utilizando 100 000 pruebas), como el promedio de cada uno de los márgenes los cuales fueron los siguientes:

- Margen bruto promedio: 36 % aproximadamente.
- Margen operacional promedio: 12 % aproximadamente.
- Margen neto promedio: 8 % aproximadamente.

Valor de la empresa

Continuando con el análisis se procedió a construir el flujo de caja, para poder valorar la compañía sin CAPEX, tomando datos históricos de la empresa para poder realizar el modelo, se obtuvo las rotaciones en días de sus actividades operacionales: las cuentas por cobrar, los inventarios y las cuentas por pagar como lo refleja la siguiente tabla.

Cuadro 7.
Políticas administrativas

Políticas administrativas (días)	
Rotación de cuentas por cobrar	45
Rotación de inventarios	20
Rotación de cuentas por pagar	70
Días calendario	360

Fuente: elaboración propia.

Con estos indicadores se logra determinar el capital de trabajo neto operativo (KTNO), con lo cual se pueden identificar los valores monetarios de las actividades operacionales y sus variaciones mes a mes.

El siguiente punto es calcular la tasa de descuento para poder traer a valor presente los flujos de caja, para lo cual se tuvo en cuenta los siguientes datos.

Cuadro 8.
Datos financieros de la compañía expresado en pesos colombianos

Año	Diciembre 31 de 2017
Pasivos	1 047 842 101
Patrimonio	1 125 385 360
Activos	2 173 227 461
Check	0
Tarifa impuesto	33 %
Beta apalancado	1,38
Tasa libre de riesgo	6,77 %
Prima de mercado	3,30 %
KD (costo de deuda)	5,00 %
KE (costo patrimonio)	11,32 %
WACC total	7,48 %

Fuente: elaboración propia.

– Pasivo, patrimonio y activos: cifras tomadas del Estado de situación financiera de la compañía RA.

– Tarifa de impuesto: tarifa de impuesto de renta en Colombia.

– Beta apalancada: beta del sector tomado de Damodaran que luego se apalanca con la deuda actual de la compañía como se muestra en la siguiente ilustración tomada de Betas del Sector (Damodaran, 2018).

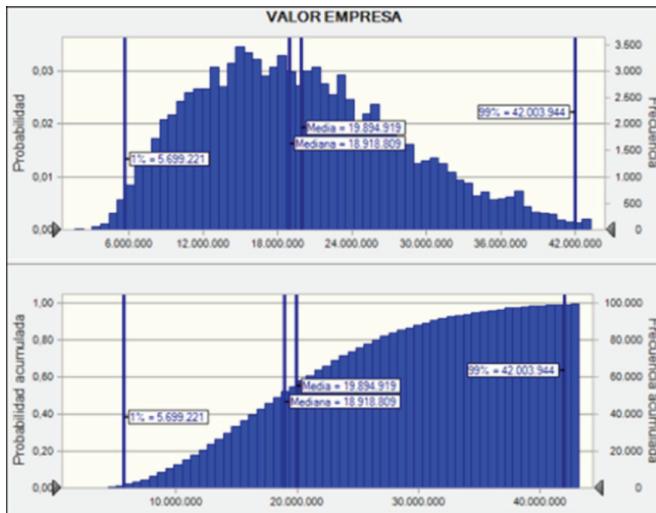
Cuadro 9.
Betas Damodaran

Industry Name	Number of firms	Beta	D/E Ratio	Effective tax rater	Unlevered beta
Auto \$ Truck	18	1,20	148,09 %	8,15 %	0,56

Fuente: Damodaran (2018).

- Tasa libre de riesgo: se tomó de los TES de Colombia del 28 de diciembre del 2017 a diez años con cero cupones.
 - Prima de mercado: se obtiene de la rentabilidad del mercado colombiano como el accionario (COLCAP).
 - KD (costo de la deuda): se tomó del cálculo del interés intrínseco que se genera en la financiación de los productos.
 - KE (costo del patrimonio): se realiza el respectivo cálculo del método Capital Asset Pricing Model (CAPM).
 - WACC (Weith Average Costo of Capital): se obtiene de la formula aplicada del costo promedio de capital.
- En relación con lo anterior se prosigue a calcular el valor de la compañía para poder evaluar esta opción se realizaron 100 000 pruebas aleatorias, sobre este se obtuvieron los siguientes resultados del valor de la compañía arrojados por Crystal Ball.

Gráfico 8.
Previsión valor de la compañía distribución



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 10.
Previsión valor de la compañía

Estadísticas:	Valores de previsión		
Pruebas	100.000	Sesgo	0,5602
Caso base	9.200.228	Curtosis	2,95
Media	19.894.919	Coefficiente de variación	0,4189
Mediana	18.918.809	Mínimo	1.671.800
Modo	---	Máximo	52.802.760
Desviación estándar	8.334.196	Ancho de rango	51.130.961
Varianza	69.458.830.469.502	Error estándar medio	26.355

Fuente: elaboración propia.

De los datos obtenidos por Crystal Ball podemos identificar que el promedio del valor de la compañía sobre la marginalidad de estos productos fue de \$ 19 894 919 pesos colombianos, teniendo un valor máximo de la compañía de \$ 52 802 760 pesos colombianos y un mínimo de \$ 1 671 801 pesos colombianos. Esta opción podría ser atractiva para el dueño de la compañía si es una persona aversa al riesgo: significa que su riqueza no se ve comprometida y no generará una pérdida en el valor de su empresa por lo que sí puede ser una excelente opción siempre y cuando su principio sea este.

Además, se identifica un nivel de confianza entre el 1 % al 99 %, esto significa que los intervalos que incluirán el parámetro de la población, obteniendo los valores que son atractivos para el inversionista, que son \$ 5 699 221 y \$ 42 003 944 pesos colombianos respectivamente, son resultado de la proyección realizada en Crystall Ball.

A su vez, se considera que este modelo tiene niveles óptimos de confianza, ya que el error estándar medio es bajo (\$ 26 355 pesos colombianos) que equivale a un error del 0,13 % sobre la media lo cual no es significativo y se puede considerar como un modelo válido.

Opción de inversión en CAPEX por medio de un préstamo bancario por el total de la inversión

Para la evaluación de esta segunda opción se mantienen las suposiciones y los valores de la primera opción en cuanto a la proyección de venta de vehículos, la distribución de gastos y algunos datos de entrada de la empresa como el WACC, la tasa impositiva y algunos datos de rotaciones que a continuación se explicarán.

Para la segunda opción se elabora la tabla de amortización del préstamo bancario para la máquina inyectora de plástico con las siguientes condiciones.

Cuadro 11.
Amortización del préstamo

Préstamo bancario	
Préstamo	40 000 000 COP
Interés	1,10 % M.V.
Plazo	48 meses

Fuente: elaboración propia.

La tabla de amortización se realiza con el fin de calcular los intereses generados por la deuda que suman \$ 11 699 585 de pesos colombianos, afectando directamente al flujo de caja mensual. Estos intereses causados y pagados generan un beneficio tributario con la disminución del pago de impuesto de renta que también afecta el flujo de caja.

Otro punto que genera cambio en esta opción es la inclusión de los tres elementos del costo para poder elaborar cada uno de los productos, los cuales son:

- Materia prima (MP).
- Mano de obra directa (MOD).
- Costos indirectos de fabricación (CIF).

En mención de lo anterior, se inició calculando los costos de materia prima, todos estos valores monetarios se obtuvieron de cotizaciones realizadas a diferentes proveedores de polipropileno y polietileno; el cálculo se realizó de forma estocástica, por lo cual en las variables de los costos de las materias primas se utilizó una distribución “triangular” optada por su facilidad a la hora de distribuir valores con un valor máximo, mínimo y más probable con limitaciones de información, la cual se utiliza como una herramienta de modelación aproximada, en la que el rango va de un mínimo a un máximo (valores obtenidos en este caso por las cotizaciones) y el más probable, dentro de este rango derivando sus propiedades estadísticas de su geometría, por otro lado, la variable triangular con su valor mínimo y máximo son absolutos para la variable, evitando una precisión mayor en el costo.

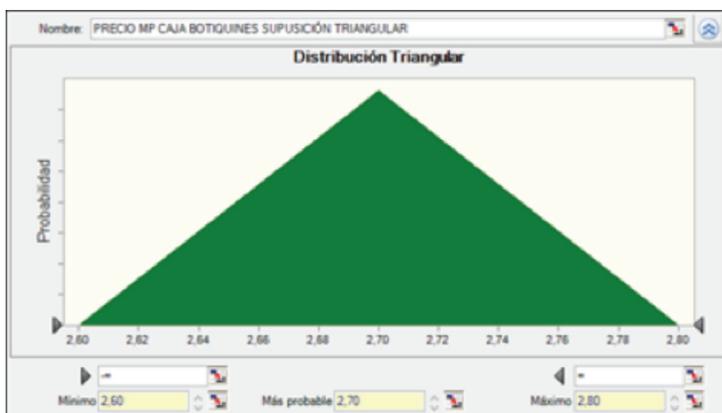
Cajas de botiquines

Cuadro 12.
Precio materia prima caja de botiquines

	Precio	Precio suposición triangular
C.U. bajo x 1000 gramos	2,60	
C.U. promedio	2,70	2,7
C.U. alto	2,80	

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 9.
Distribución materia prima caja de botiquines



Fuente: elaboración propia.

Con esta suposición del costo unitario del polietileno de alta densidad, se multiplicó el valor de suposición por la cantidad requerida para la elaboración de este producto que es de 110 gramos de polietileno por caja, obteniendo un costo unitario de materia prima de \$ 297 pesos colombianos.

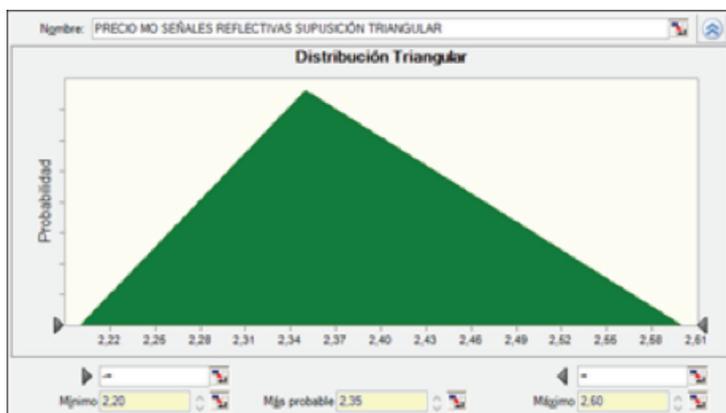
Señales reflectivas

Cuadro 13.
Precio materia prima de señales reflectivas

	Precio	Precio suposición triangular
C.U. bajo x 1000 gramos	2,20	
C.U. promedio	2,35	2,383333333
C.U. alto	2,60	

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 10.
Distribución materia prima de señales reflectivas



Fuente: elaboración propia.

Este producto utiliza polipropileno y su valor de suposición se multiplica por la cantidad requerida que son 150 gramos, por el par de señales y, también, este utiliza cinta reflectiva, la que tiene un costo adicional de \$ 150 pesos por centímetro y requiere 15 cm por par, arrojando un costo total de materia prima de \$ 2607 pesos colombianos.

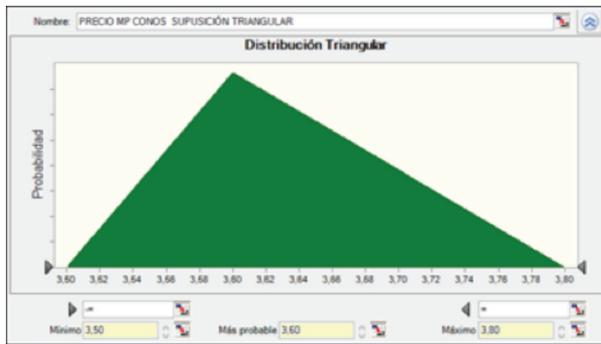
Conos

Cuadro 14.
Precio materia prima de los conos

	Precio	Precio suposición triangular
C.U. bajo x 1000 gramos	3,50	
C.U. promedio	3,60	3,633333333
C.U. alto	3,80	

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 11.
Distribución materia prima de los conos



Fuente: elaboración propia.

Este producto también utiliza polipropileno, no obstante, a diferencia de las cajas, este tiene un pigmento que hace que este tipo de material sea más costoso. La cantidad requerida para elaborar los conos es de 125 gramos y adicionalmente utiliza cinta reflectiva que tiene un costo de \$ 0,5 pesos colombianos por centímetro y su cantidad requerida para la elaboración es de 2,5 centímetros, dando como resultado un costo unitario de \$ 455 pesos colombianos.

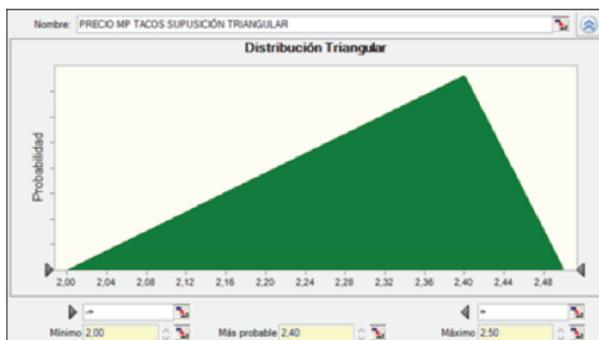
Tacos plásticos

Cuadro 15.
Precio materia prima de los tacos

	Precio	Precio suposición triangular
C.U. bajo x 1000 gramos	2,00	
C.U. promedio	2,40	2,3
C.U. alto	2,50	

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 12.
Distribución materia prima de los tacos



Fuente: elaboración propia.

Para la elaboración de este producto solo se utiliza el polipropileno, el cual maneja un menor precio que los demás, ya que no utiliza ningún tipo de pigmento; por otra parte, para este producto se requieren 130 gramos, dando así, un costo unitario de por par de tacos de \$ 299 pesos colombianos.

Mano de obra

Continuando con los elementos del costo para el manejo de esta máquina inyectora se requiere un empleado que labore ocho horas diarias, se proyecta pagar el salario mínimo con sus prestaciones sociales. El costo mensual por el empleado será distribuido a cada producto de manera proporcional y este costo se calculará de forma unitaria dividiendo por el promedio de venta de vehículos anuales tal como lo refleja el siguiente cuadro 16.

Cuadro 16.
Ilustración 31 costo por empleado

Total costo mod.	Promedio ventas	Mod. unitaria	Mod. distribuida por producto
1 259 203	1 337	942	235

Fuente: elaboración propia.

Costos indirectos de fabricación

Los costos indirectos de fabricación fueron dados por expertos que utilizan máquinas similares con una producción similar con un valor monetario de aproximadamente \$ 1 000 000 de pesos colombianos y se distribuye por un *cost driver* porcentual que fue otorgado por los mismos expertos y fue el siguiente:

Cuadro 17.
Cost driver porcentual

Participación por producto CIF	
Cajas	25 %
Señales	50 %
Conos	15 %
Tacos	10 %

Fuente: elaboración propia.

Teniendo ya calculados los tres elementos del costo se suman para determinar el costo de venta dando así el costo final por producto tal como lo refleja en el siguiente esquema, cabe resaltar que estos costos unitarios son aleatorios dependiendo del número de pruebas que se realicen.

Cuadro 18.
Costo unitario por producto

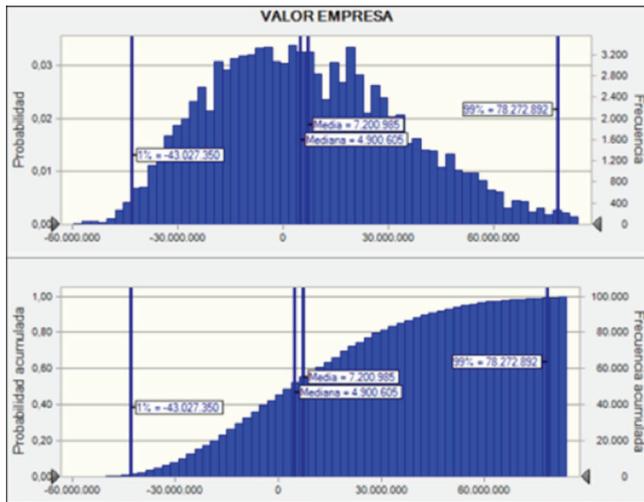
Cuadro resumen	
Costo unitario cajas	720
Costo unitario señales	3 217
Costo unitario conos	803
Costo unitario tacos	609

Fuente: elaboración propia.

VALOR DE LA EMPRESA

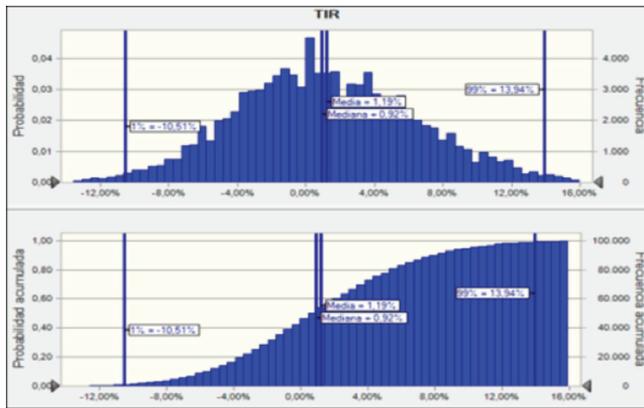
Para la segunda opción se tuvo en cuenta los datos iniciales de la primera opción, excepto la rotación de las cuentas por pagar que cambia a quince días por los insumos de materias primas, este fue el mayor crédito encontrado, esto altera directamente al flujo de caja con la variación del capital de trabajo neto operativo (KTNO) afectándolo negativamente, dando como resultado final un valor de empresa y una TIR como se muestra en el gráfico 13.

Gráfico 13.
Distribución del valor de la empresa



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 14.
Distribución de la tasa interna de retorno



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 19.
Valores de la segunda opción

Estadística	Valores de previsión		
Pruebas	100.000	Sesgo	0,4136
Caso base	7.012.980	Curtosis	2,76
Media	7.200.985	Coefficiente de variación	3,81
Mediana	4.900.605	Mínimo	-59.681.078
Modo	---	Máximo	108.121.718
Desviación estándar	27.424.121	Ancho de rango	167.802.796
Varianza	752.082.410.871.717	Error estándar medio	86.723

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos, después de realizar 100 000 pruebas, se identifica que la segunda opción es más arriesgada, ya que esta puede generar una pérdida en el valor presente neto que puede ser máximo hasta de \$ 59 681 078 de pesos colombianos, a diferencia de la primera opción, esta puede generar grandes beneficios económicos llegando a un máximo de \$ 108 121 718 pesos colombianos, pero mantiene una media más baja que la primera opción.

En relación con lo mencionado, esta opción permite calcular una TIR (tasa interna de retorno) como un máximo de 13,94 % y un mínimo de -10,51 % demostrando, así, que es para un inversionista amante al riesgo, ya que estaría dispuesto a generar pérdidas de valor y dinero.

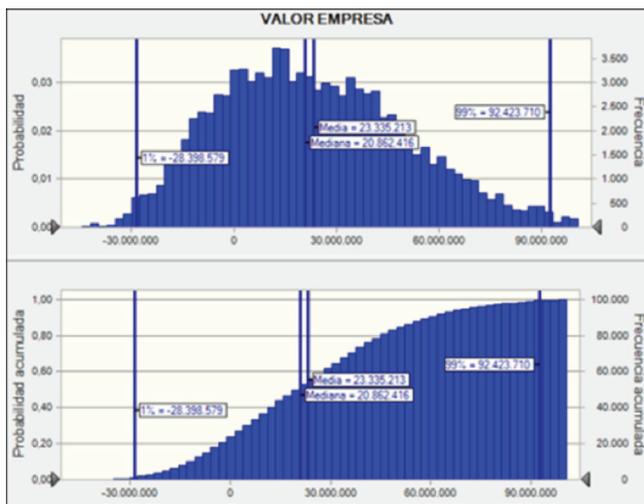
Opción de inversión en CAPEX por medio de un préstamo bancario y aportes de capital por el dueño

La tercera opción propuesta se da teniendo en cuenta un aporte del socio de 40 % del costo de la máquina, condicionando las utilidades del año causándose en un porcentaje

del KE (costo del patrimonio) sobre el aporte realizado, dando la posibilidad de que los intereses que generen no se causen mensualmente, sino una vez al año oxigenando el flujo de caja.

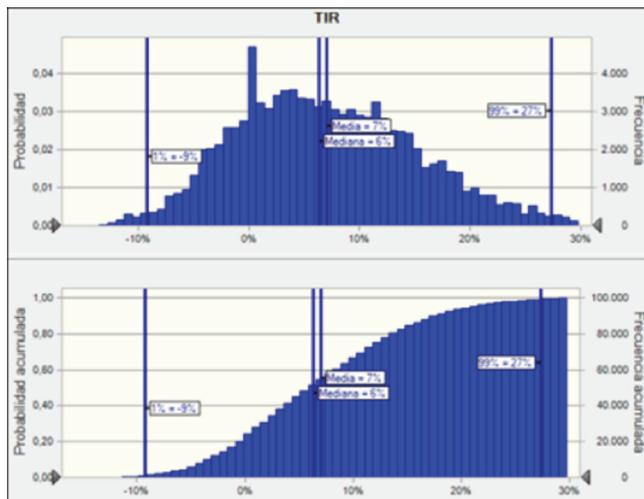
Para el resto de los datos en esta opción se tuvo en cuenta los ya mencionados en la opción número dos, hecha esta salvedad, los resultados del valor presente neto y TIR para esta opción son los siguientes:

Gráfico 15.
Distribución del valor de la empresa



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 16.
Distribución de la tasa interna de retorno



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 20.
Valores de la tercera opción

Estadísticas:	Valores de previsión		
Pruebas	100.000	Sesgo	0,3971
Caso base	23.173.940	Curtosis	2,75
Media	23.335.213	Coefficiente de variación	1,18
Mediana	20.862.416	Mínimo	-46.867.353
Modo	---	Máximo	127.153.958
Desviación e	27.569.291	Ancho de rango	174.021.311
Varianza	760.065.803.914.192	Error estándar medio	87.182

Fuente: elaboración propia.

A diferencia de la opción dos, esta opción es menos riesgosa y genera más rentabilidad puesto que se tiene una menor pérdida esperada, -\$ 46 867 353 y una ganancia máxima de \$ 127 153 958 de pesos colombianos, además, el promedio que se obtiene del valor presente neto es de \$ 23 173 940 de pesos colombianos, 230% mayor frente a la opción dos.

Cabe resaltar que la TIR también se puede determinar en esta opción y de igual modo es superior a la opción dos, teniendo como mínimo y máximo un -9% y un 27% respectivamente.

CONCLUSIONES

Las metodologías de evaluación financiera han cambiado a través del tiempo dando nuevas herramientas de evaluación como los son los modelos estocásticos, los cuales permitirán reducir la incertidumbre de inversión y mitigar los riesgos de esta, esto permitirá que los inversionistas tengan bases probabilísticas sólidas para la toma de decisiones dependiendo su nivel de riesgo.

El combinar modelos estocásticos con opciones reales permite tener diferentes campos de visión en una evaluación financiera, ya que esto permitirá combinaciones de diferentes estrategias de negocios, las cuales pueden resultar atractivas para la compañía o inversionista, dándoles diferentes miradas sobre la misma inversión. Cabe resaltar que la toma de decisión de alguna de estas opciones dependerá exclusivamente de la compañía o inversionista esto dependerá de su nivel de aceptación al riesgo ya sea amante, neutral o averso al riesgo.

Teniendo en cuenta, los resultados obtenidos en la evaluación financiera en la empresa RA se puede determinar que la opción número tres es la más rentable en cuestiones de generación de VPN y TIR, siendo esta opción amante al riesgo para el inversionista; no obstante, la opción número uno será aquella decisión que no generará pérdidas de valor en el VPN ni TIR, su rentabilidad es muy baja por lo cual esta opción sería ideal para alguien averso al riesgo, esto genera que la decisión a tomar dependerá de la aceptación al riesgo que tenga el dueño de la compañía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abellán, J. L. (31 de 01 del 2018). <https://economipedia.com>. Recuperado de <https://economipedia.com>: <https://economipedia.com/definiciones/capex.html>
- Banks, J., Carson, J. y Nelson, B. (1996). *Discrete-event system simulation*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Calvo, J. P. (2015). Finanzas cuantitativas básicas. En J. P. Calvo (ed.), *Finanzas cuantitativas básicas*. Madrid: Paraninfo.
- Cruse, T. A. (1997). Reliability-based mechanical design. Nueva York: Marcel Dekker. Recuperado de https://books.google.es/books?id=JQaLK6_ymmIC&lpq=PA123&ots=xOcF-fP4fv&dq=monte%20carlo%20simulation&lr&hl=es&pg=PR2#v=onepage&q=monte%20carlo%20simulation&f=true
- Cruz, E. S. (24 de enero del 2017). www.esan.edu.pe. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/01/fundamentos-financieros-el-valor-actual-neto-van/>
- Damodaran, A. (2018). Betas by sector. Recuperado de http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
- Gardner, R. (1996). Juego para empresarios y economistas. En R. Gardner (ed.), *Juego para empresarios y economistas*. Barcelona: Antoni Bosch.
- González, D. G. (31 de enero del 2014). scielo.conicyt.cl. Recuperado de scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052014000100008
- Mejía Giraldo, A., Montoyo Serrano, A. y Bravo Castillo, M. (2011). Engineering for a smart planet, innovation, information technology and computational tools for sustainable development. Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference. Recuperado de http://www.laccei.org/LACCEI2011-Medellin/published/TS334_Mejia.pdf
- Menéndez, G. A. (2016). Gestión. Recuperado de <http://gestion.pe/tendencias/cuales-son-ventajas-optimizar-procesos-empresas-2161341>
- Navarro, J. D. (04 de marzo del 2017). www.abcfinanzas.com. Recuperado de www.abcfinanzas.com: <https://www.abcfinanzas.com/administracion-financiera/tasa-internade-retorno-tir>
- Sánchez, P. Z. (2015). *Contabilidad de costos herramienta para la toma de decisiones*. Bogotá: Alfaomega.
- Tarifa, E. E. (s. f.). Universidad Nacional de Jujuy. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/38230205/MODELO_DE_SIMULACION.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1544763703&Signature=1%2Bc4W%2BdXMPn28Su0IXZ4og4hljQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DTeoria_de_Modelos_y_S
- Urbina, C. (22 de agosto del 2019). Recuperado de <http://cecilia-urbina.blogspot.com/2012/08/convolucion.html>
- Vitoriano, B. (02 de febrero del 2012). Universidad Complutense Madrid. Obtenido de <https://www.dc.uba.ar/materias/escuela-complutense/2012/estocasticos.pdf>