

**44 Jornadas Nacionales de Administración Financiera**  
Septiembre 19 y 20, 2024

# **El gráfico tornado y el análisis de riesgo de proyectos de inversión**

**Martín Leonardo Gnecco**

*Universidad Nacional de Mar del Plata – UCAECE*

## SUMARIO

1. Introducción
2. El riesgo y la evaluación de proyectos de inversión
3. Gráfico de tornado
4. Conclusiones

Para comentarios:  
[mlgnecco@yahoo.com](mailto:mlgnecco@yahoo.com)

## 1. Introducción

*Las posibilidades de una entre un millón  
salen bien nueve de cada diez veces.*

Sir Terry Pratchett

Evaluar un proyecto de inversión (operativa) implica decidir respecto de la conveniencia de llevarlo a cabo. La misma dependerá de factores diversa índole, estratégicos, operativos, financieros, además de externos, internos y muchos otros.

En el aspecto financiero, esta decisión siempre depende de las proyecciones a futuro de los flujos de fondos del proyecto. Dado que se trata de estimaciones, sus valores claro, salvo rarísimas excepciones, no serán “ciertos”, puede existir una mayor o menor posibilidad de que ocurran, pero nunca serían seguros.

Independientemente de ello, en función a las características del proyecto a veces se ven evaluaciones de proyectos que consideran a esas estimaciones como relativamente ciertas y aplican modelos financieros que no tienen en cuenta el riesgo de este explícitamente. Esto no sería lo más adecuado y, aunque posiblemente la incidencia del riesgo en los valores se encuentre incluida implícitamente en algún factor, sería claramente deseable que la misma se exteriorice y pueda apreciarse sus efectos.

Cuando el potencial inversor recibe un informe que indica que invertir sería aconsejable, por ejemplo, porque su rendimiento anual sería de un determinado porcentaje, no está recibiendo la mejor información que podría recibir. Porque es altamente probable que, si se pone en marcha el proyecto, su rendimiento no sea el mencionado, por infinidad de causas. De hecho, tal vez sea más probable que el rendimiento termine siendo otro, aunque similar.

El análisis de lo que podría suceder si no ocurre lo que en términos estadísticos se espera podría considerarse tanto o más importante que ello.

## 2. El riesgo y la evaluación de proyectos de inversión

Según el Diccionario de la Lengua Española, de la Real Academia Española:

*Riesgo: (m) Contingencia o proximidad de un daño.<sup>1</sup>*

*Sin.: peligro, amenaza, ventura, risco.*

*Ant.: seguridad*

Cuando hablamos de riesgo en términos de finanzas de empresa no estamos queriendo significar el hecho que el proyecto fracase sino la posibilidad de que no suceda lo que en términos típicos se espera que suceda. Como lo entendemos por su antónimo antes mencionado: no tener seguridad respecto de algo.

Las estimaciones que se hacen de los futuros flujos de fondos de un proyecto son, en el mejor de los casos, estadísticamente probables. Decir que para el primer año del proyecto se

---

<sup>1</sup> <https://dle.rae.es/riesgo?m=form>

espera una determinada demanda es equivalente a decir que la esperanza matemática de los posibles valores de la demanda sería esa. Y si esa demanda es en realidad la esperanza matemática y no un valor “cierto” y único, esos valores tendrán una dispersión, es decir, que al momento de ocurrir, pueden suceder otros.

Esto no es una cuestión menor. Para el inversor, de acuerdo con su perfil de riesgo, la posibilidad que no ocurra lo que se esperaba, es de suma importancia, estar al tanto de ello le permitiría hacer diferentes análisis, considerar diversas situaciones y tomar la decisión final en base a información más abarcativa y menos determinística.

Cabe destacar que cada una de las variables que afectarán el fluir de los fondos variará de una manera particular. Más allá del modelo a utilizar, suele ser necesario (y deseable) estudiar una a una las variables involucradas en el proyecto, la variabilidad de los valores que adoptarían, su interrelación, sus condicionantes, etc. Somos conscientes de que las variables, al menos algunas, podrían adoptar valores diferentes a los inicialmente estimados, pero, claro, normalmente los modelos se plantean en función a estos, los que consideramos más representativos de la futura marcha del proyecto. Lo que sería deseable es que el análisis no quede allí estancado, que se tengan en cuenta otras posibilidades, entendiendo que el proyecto no se desarrollará en condiciones de certeza sino de riesgo.

Cuanto mayor sea la variabilidad inherente a cada variable más importante será realizar un análisis que permita identificarlas.

En el contexto pyme, para inversores con poca experiencia en el rubro, introduciéndose en mercados que desconocen y/o poco desarrollados, la falta de información es más común aún y eleva el riesgo asociado.

## 2.1 Gestión del riesgo

Ante el riesgo, un inversor podría actuar de maneras disímiles. El riesgo lo podemos:

- *Eliminar*: aunque, en realidad, puede intentarse, pero no es factible. Generalmente no es posible lograr que el riesgo desaparezca por completo.

Pensándolo desde el punto de vista de quien se encuentra analizando un proyecto, para eliminarlo podría, por ejemplo, firmar un contrato que garantice las ventas que va a tener. Esto eliminaría la variabilidad de sus ingresos, sin embargo, más allá de generar una mayor previsibilidad, se debe tener en cuenta que siempre existirá también la posibilidad de que la otra parte incumpla el contrato.

No es una alternativa considerada factible normalmente.

- *Evitar*: intentando que desaparezcan los factores que lo provocan. O tomando aquellas alternativas que no se vean afectadas por ese riesgo. Pero no se debe perder de vista que en ese caso lo que estamos haciendo es elegir entre un riesgo y otro.
- *Reducir*: la actitud más comúnmente elegida es la de intentar reducirlo y mitigar así los efectos que pudiera tener. Ya que eliminar el riesgo es fácticamente imposible pueden tomarse medidas destinadas a que el mismo se vea acotado, así como sus efectos. Estructurar, por ejemplo, campañas publicitarias y de promociones tendientes a “quebrar” la estacionalidad de las ventas de un producto, reducirá seguramente la variabilidad de su demanda, pero no logrará hacerla nula.

En términos de evaluación de proyectos, el riesgo se reduce con información. Obviamente con un costo asociado, que podrá ser mayor o menor, recabando mayor cantidad de datos generalmente se pueden hacer estimaciones con menor rango de amplitud.

- *Transferir*: lo que se hace al contratar un seguro, por ejemplo. El riesgo de que ocurra la contingencia no desaparece, pero sí lo hacen sus efectos, porque debe hacerse cargo de ellos una compañía aseguradora. Obviamente, para ello se asume un costo.
- *Aceptar*: en muchas situaciones, el costo de reducir, evitar o transferir un determinado riesgo es alto y no se está en condiciones de afrontarlo, por lo que la alternativa que queda es aceptarlo.

Tal vez lo más importante al respecto sea ser consciente del mismo y las posibles consecuencias de lo que pudiera ocurrir en el futuro.

Claramente la actitud a tomar dependerá en parte, o sería lógico que lo haga, del impacto que el mismo tendría en el proyecto, más aún sus efectos negativos.

Será relevante que quien se encuentra evaluando un proyecto de inversión genere la información suficiente para que el inversor tome las decisiones en conocimiento de los riesgos que el proyecto conllevará; que sepa cuáles de ellos podrían transferirse si se desea contratando seguros, cuáles podrían reducirse y, en definitiva, cuáles deberán afrontarse, e intentar cuantificarlos, explicitarlos y analizar y considerar cursos alternativos de acción.

## 2.2 Modelos para evaluar financieramente proyectos en contextos de riesgo

De acuerdo con el postulado de aversión al riesgo, un decisor racional, ante dos proyectos de similar nivel de riesgo, preferirá aquél de mayor rendimiento; y ante dos proyectos de igual rendimiento, preferirá el que ostente menos riesgo.

Es por ello que los diversos modelos que actualmente se emplean para evaluar proyectos de inversión de una u otra manera incorporan el análisis de riesgo penalizando, por así decirlo, los proyectos más riesgosos en compensación por el riesgo extra asumido.

A continuación, y de manera no taxativa, mencionaremos algunos modelos aplicables a evaluaciones en contextos de riesgo a efectos de mostrar simplemente diferentes maneras de realizar el abordaje y consideración de este.

- *Hipótesis extremas*: calcula el VAN o la TIR de un proyecto, en dos casos: uno optimista, a partir de asignar a cada variable los mejores valores de entre los que pudieran ocurrir, y uno pesimista, calculado a partir de los peores valores de las variables. La decisión respecto de la aceptabilidad del proyecto dependería de si ambas hipótesis implican la aceptación o ambas implican el rechazo del proyecto. En situaciones en que las hipótesis indican cursos de acción divergentes, la decisión dependería del perfil de riesgo del decisor, o en última instancia, debería utilizarse otro modelo.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Suele mencionarse otro modelo, el de *pronósticos conservadores*, que calcularía sólo la hipótesis optimista. Pero se recomienda descartar su uso ya que el modelo anterior brinda la misma información que

- *Análisis de escenarios*: calcula el VAN o la TIR de un proyecto, en unas pocas variantes. Los escenarios son “configuraciones” supuestamente posibles, según el entendimiento del evaluador, de lo que podría suceder en conjunto con los factores más relevantes que afecten al proyecto.

Claro, el resultado que arrojen los modelos diferirá en algunos escenarios respecto de otros; el inversor, en base a su perfil de riesgo deberá tomar la decisión, pero el método ayuda a que esté preparado para lo que vaya a ocurrir.

- *Esperanza del VAN (o de la TIR)*: consiste en, habiendo determinado la probabilidad de distintas posibles situaciones futuras (como podrían ser los escenarios antes mencionados), calcular la esperanza matemática del VAN (o de la TIR) de esas situaciones. Es decir, que pondera cada valor arrojado por la probabilidad de esa situación, arrojando el valor que podría esperarse arrojen.

Es útil el hecho de que el valor en definitiva termina siendo uno que determina la conveniencia o no de continuar con el proyecto, pero debe tenerse en cuenta que ese valor puede no ser un valor que en definitiva termine teniendo el proyecto sino sólo una cifra que “en promedio” puede esperarse.

- *Tasa ajustada a riesgo*: calcula el VAN o la TIR de un proyecto, actualizando los flujos de fondos (que contienen riesgo, puesto que no son exactos sino que tienen variabilidad) con una tasa que incluya el riesgo. Dicha tasa de corte se compondría de la suma de la tasa “libre de riesgo” y un adicional por riesgo, consistente en una determinada cantidad de puntos porcentuales, que aumentarían en relación directa al riesgo percibido.

Si bien se le critica que el adicional por riesgo es totalmente subjetivo, existen al momento muchos otros modelos que permitirían calcular esta prima con objetividad.

Pero otras críticas son más importantes, como el hecho que está adjudicando a todo el proyecto el mismo nivel de riesgo, y que los flujos de fondos suelen ser castigados en exceso, al elevar el importe de la tasa de corte y elevar el factor de capitalización a valores que se incrementan anualmente.

- *Equivalencia a certeza*: calcula el VAN o la TIR de un proyecto, actualizando los flujos de fondos con una tasa libre de riesgo, pero previamente multiplicados por un coeficiente de equivalencia a certeza “ $\alpha$ ” que los disminuyen.

Aquí la incidencia del riesgo no se ve potenciada y permite aplicar coeficientes distintos para cada flujo e incluso para cada variable, pero la altísima subjetividad, aún no salvada, de los coeficientes lo torna de limitada aplicación.

- *Árboles de decisión*: utilizados esencialmente cuando existen decisiones encadenadas, o secuenciales, es decir, que no hay una decisión única, sino que en otro momento futuro también debiera tomarse una decisión, que dependerá de la que se haya tomado en el presente.

Este método nos indicaría cuál es la “rama”/decisión que resultaría más conveniente llevar a cabo. También se aborda con el modelo de Opciones Reales el análisis de proyectos de estas características, con sus defensores y sus detractores.

---

este y otra adicional (por lo que se lo considera superador); y porque el analista no debería plantearse sólo una perspectiva pesimista, sino más bien realista.

- *Simulación de Hertz*: este modelo se encuentra dentro del grupo de las simulaciones. Las mismas, aunque con diferencias, basan su análisis en suponer distintos valores posibles para cada una de las variables relevantes y significativas, a efectos del cálculo del VAN o la TIR del proyecto, y analizar así su incidencia.

En el caso particular de la simulación de David Hertz (1975), que utiliza el cálculo de la TIR y no del VAN, se realiza el cálculo de la misma en una gran cantidad de casos, concebidos como cada una de las posibles combinaciones independientes de los valores que podrían tomar todas y cada una de las variables generadoras de riesgo.

A partir de las distintas TIRs obtenidas y sus probabilidades, se obtiene el gráfico de perfil de TIR del proyecto, que muestra todos los posibles rendimientos que tendría el proyecto y la probabilidad de en definitiva se obtenga ese rendimiento o uno mayor.

### 3. Gráfico de tornado

El análisis de tornado es independiente de los modelos anteriores, porque su objetivo es diferente.

Para determinar la conveniencia o no de llevar a cabo un proyecto, calcularemos el VAN o la TIR del mismo de acuerdo a alguno de los modelos anteriores (u otros, no era un listado taxativo), y de acuerdo a sus criterios particulares tomaremos la decisión. El análisis de tornado no nos permite decidir sobre el proyecto (aunque a veces, por las características del proyecto podemos estar cerca de una conclusión bastante certera), porque no es ese su objetivo. Lo que se pretende es descubrir cuáles de las variables, de entre todas las que se plantearon como relevantes, afectarían más significativamente al proyecto y redundarían en importes más variables de VAN y/o cifras con mayor amplitud respecto de la TIR.

Para arribar a esa conclusión se comenzará por identificar cuáles serían las distintas variables que incidirán en los flujos de fondos del proyecto, tarea que a su vez será innegablemente necesaria para desarrollar los cálculos del modelo seleccionado.

Habiendo identificado la totalidad de las variables, construiremos los flujos de fondos, tarea que desembocará en un resultado para el VAN y/o para la TIR.

¿Cuáles serán esas variables? Bueno, posiblemente, la cantidad a vender, el precio que se logre establecer, el costo de las materias primas, etc., etc., etc. Si queremos determinar el rendimiento financiero que tendría el proyecto lo haremos, pero ello, en primera instancia, para un valor determinado de cada una de ellas.

Esos valores no son ciertos sino meramente posibles y, en el mejor de los casos, los más probables.

Para construir el gráfico de tornado lo que se hace es, a partir de esos valores más probables de cada variable establecer otros valores de la misma, mayores y menores al inicial, en intervalos que discutiremos luego. De esta manera, podremos calcular el VAN y/o la TIR del proyecto si suceden cosas que no son las que se esperaban originalmente.

Para confeccionarlo, entonces, partimos de un análisis de sensibilidad, ya que la modificación de los valores de las variables se realiza de uno en uno, no se combinan. Es decir, *ceteris*

*paribus* los valores estimados como más probables para las variables, se modifica el valor de sólo una de ellas, a intervalos regulares alrededor de su estimación más probable.

Así se determinará que el efecto de cada variable en el resultado final del proyecto no es el mismo, algunas variables repercutirán más y otras, menos. Algunas serán entonces variables que afecten en mayor medida al éxito del proyecto y otras, no tanto.

Visibilizar esto es el objetivo fundamental del gráfico de tornado.

Para hacerlo, construimos un eje horizontal en el que mostraremos el VAN o la TIR del proyecto. En lo que sería el eje vertical tendremos listadas las distintas variables, por lo que no estamos en presencia en realidad de un eje cartesiano, no guarda una escala ni mucho menos.

Se compondrá el gráfico con barras horizontales (una para cada variable) que abarcarán desde el menor hasta el mayor de los valores que provocó la misma en el resultado final. Una barra más corta muestra que la variable tiene efectos más acotados en el resultado final al que arribaría el proyecto, mientras que cuánto más amplia sea la barra estaría poniendo de relieve una gran repercusión de los valores que pudiera tomar la variable en la aceptabilidad del proyecto en cuestión.

Para que visualmente se aprecie la incidencia de cada una, se ordenan las variables ubicando la que genera una amplitud mayor en los resultados en primer lugar, en la parte superior del gráfico, y la de menor variabilidad en la parte inferior.

De esta manera, las barras irán disminuyendo su tamaño de arriba hacia abajo, formando una figura similar a un cono con la punta hacia abajo, lo que da nombre a la herramienta.

### 3.1 Ejemplo de aplicación

Para exponer la utilidad de la herramienta partamos de un ejemplo simplificado en el que podríamos aplicarla.

Supongamos el siguiente proyecto de inversión:

Deberían invertirse \$ 30.000.000.- y su horizonte temporal sería de 3 años.

Las ventas del 1º año serían de 1.500.000 unidades. Se espera un crecimiento del 20 % para el 2º año y una disminución del 30 % para el 3º año.

El costo de cada unidad es de \$ 50.- y su precio surge de remarcar con un 80 % sobre ese costo variable.

Trabajarían en la empresa 5 empleados con un sueldo mensual cada uno de \$ 180.000.-

Las cargas sociales de esos sueldos son del 55 %. Tanto los sueldos como las cargas sociales son costos erogables a incluir en la evaluación y deducibles para el cálculo del impuesto a las ganancias.

El costo de alquiler del inmueble es de \$ 150.000.- mensuales.

La inversión se amortizará contable e impositivamente un 10 % anual, constituyendo un costo no erogable, pero deducible del impuesto a las ganancias. La alícuota del impuesto a las ganancias para la sociedad es del 35 %, y también constituye un costo.

La tasa de corte es del 40 %

Si tomáramos al pie de la letra las expectativas para el proyecto los flujos de fondos serían los que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Flujo de fondos estimado

	Momento 0	Año 1	Año 2	Año 3
Evolución Ventas %		0 %	20 %	-30 %
Evolución Ventas		1.500.000	1.800.000	1.260.000
Ventas		135.000.000	162.000.000	113.400.000
Costo		-75.000.000	-90.000.000	-63.000.000
Sueldos		-11.700.000	-11.700.000	-11.700.000
Cargas Sociales		-6.435.000	-6.435.000	-6.435.000
Alquiler		-1.800.000	-1.800.000	-1.800.000
Depreciaciones		-3.000.000	-3.000.000	-3.000.000
Subtotal Impositivo		37.065.000	49.065.000	27.465.000
Impuesto a ganancias		-12.972.750	-17.172.750	-9.612.750
Depreciaciones		3.000.000	3.000.000	3.000.000
Inversión	-30.000.000			
	-30.000.000	27.092.250	34.892.250	20.852.250

Actualizando los flujos de fondos con la tasa de 40 % anual, el VAN del proyecto sería de \$ 14.752.992 mientras que su TIR sería de 78 % anual, lo que implica que el proyecto debería ser aceptado.

Lo que esto no nos muestra es que ese podría no ser el resultado del proyecto; si las ventas no fueran las que se esperan, o los costos varían, el resultado final podría modificarse.

Para visualizarlo construyamos el gráfico de tornado.

En el ejemplo, las variables a considerar serán:

- Las unidades a vender el primer año
- El incremento/decremento de las ventas en el 2° año
- El incremento/decremento de las ventas en el 3° año
- El costo variable del producto
- El margen de marcación
- La cantidad de empleados que se necesiten
- El sueldo mensual promedio de los empleados
- El costo mensual de alquiler

Luego tomaremos el valor de cada una de las variables (de manera independiente) y lo incrementaremos y decrementaremos sucesivas veces para recalculamos VAN/TIR. De esta manera, podremos ver cuáles de las variables repercuten más y cuáles, menos.

Tomemos, por ejemplo (luego comentaremos al respecto), de cada variable variaciones de un 1 %, 2 %, 5 %, 10 %, 20 %, 40 % y 100 %, respecto de las cifras “esperadas”.

Aplicado a nuestro ejemplo, esto generaría quince valores diferentes de VAN/TIR por cada una de las ocho variables identificadas, lo que nos daría un total de 113 casos distintos, hay que considerar que el valor central de todas ellas es el mismo, la combinación de valores esperados.

Los decrementos generan los valores de VAN que se detallan en las tablas 2 y 3.

Tabla 2: Impacto de los decrementos en el VAN del proyecto ejemplo

	-100 %	-40 %	-20 %	-10 %	-5 %	-2 %	-1 %
Venta Año 1	-48.920.477	-10.716.396	2.018.298	8.385.645	11.569.319	13.479.523	14.116.257
Incr Vta Año 3	9.636.374	12.706.345	13.729.668	14.241.330	14.497.161	14.650.660	14.701.826
Incr Vta Año 2	8.783.604	12.365.237	13.559.114	14.156.053	14.454.523	14.633.604	14.693.298
Costo variable	-48.920.477	-10.716.396	2.018.298	8.385.645	11.569.319	13.479.523	14.116.257
Mg marcación	-48.920.477	-10.716.396	2.018.298	8.385.645	11.569.319	13.479.523	14.116.257
Empleados	-3.976.815	7.261.069	11.007.031	12.880.011	13.816.502	14.378.396	14.565.694
Sueldos	-3.976.815	7.261.069	11.007.031	12.880.011	13.816.502	14.378.396	14.565.694
Alquiler	12.893.954	14.009.377	14.381.184	14.567.088	14.660.040	14.715.811	14.734.402

Tabla 3: Impacto de los incrementos en el VAN del proyecto ejemplo

	1 %	2 %	5 %	10 %	20 %	40 %	100 %
Venta Año 1	15.389.727	16.026.461	17.936.665	21.120.339	27.487.686	40.222.380	78.426.461
Incr Vta Año 3	14.804.158	14.855.324	15.008.823	15.264.654	15.776.316	16.799.639	19.869.610
Incr Vta Año 2	14.812.686	14.872.380	15.051.461	15.349.931	15.946.870	17.140.747	20.722.380
Costo variable	15.389.727	16.026.461	17.936.665	21.120.339	27.487.686	40.222.380	78.426.461
Mg marcación	15.389.727	16.026.461	17.936.665	21.120.339	27.487.686	40.222.380	78.426.461
Empleados	14.940.290	15.127.588	15.689.482	16.625.973	18.498.953	22.244.915	33.482.799
Sueldos	14.940.290	15.127.588	15.689.482	16.625.973	18.498.953	22.244.915	33.482.799
Alquiler	14.771.582	14.790.173	14.845.944	14.938.896	15.124.800	15.496.607	16.612.030

A continuación, debemos ordenarlas de acuerdo a la amplitud de resultados que provocan. Así, las más variables son las ventas del primer año, el costo variable y el margen de marcación, que generan valores de VAN que oscilan entre \$ 48.920.477 negativos y \$ 78.426.461.

Esto en sí mismo es ya un dato de relevancia, son los factores que mayor repercusión tendrán en el éxito o fracaso del proyecto, pero al graficarlo tendremos una visión mucho más significativa (ilustración 1).

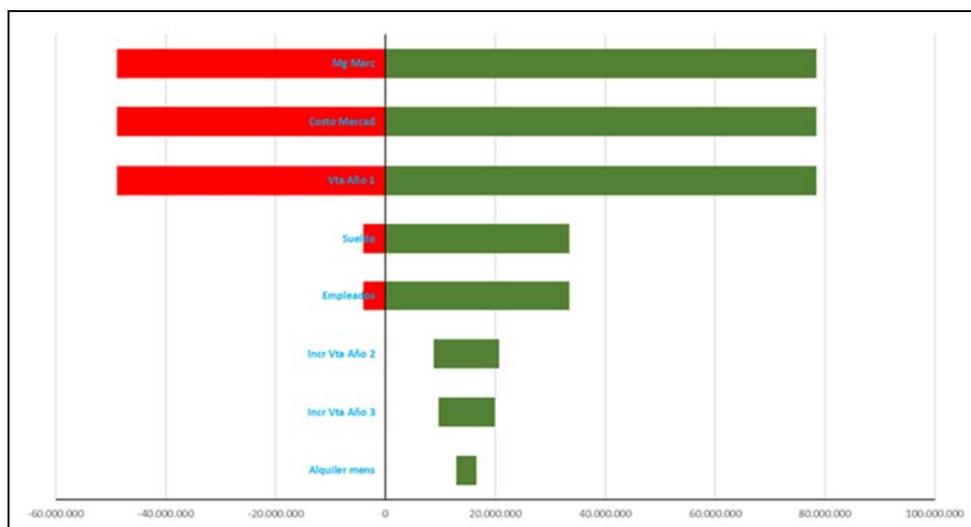
Si el gráfico mostrara la amplitud de resultados de TIR, en vez de trabajar con VAN, el eje central, que divide las barras entre favorables y desfavorables se encontrará no en cero sino en el valor de la tasa de corte.

Puede observarse no solamente entre qué cifras variaría el resultado, sino que, al haber ordenado las variables, se visualizan en primer lugar las que producirían mayores variaciones, cuáles de ellas provocarían que el proyecto fracasara (y en qué medida).

De esta manera, habiendo decidido el inversor llevar a cabo el proyecto, sería importante que se concentre en las ventas el primer año y en conseguir establecer un margen de marcación suficiente; no tanto en lo referente al costo de los empleados, y mucho menos aún en el costo del alquiler.

Debe tenerse en cuenta que la eficiencia del análisis dependerá, como con cualquier otro modelo, de la capacidad de comprensión del fenómeno, la experiencia y agudeza del analista, puesto que estamos hablando siempre de la interpretación de la realidad por parte de una per-

Ilustración 1: Tornado de VAN del proyecto ejemplo



sona. Si bien estos modelos intentan mostrar una realidad no determinística y permiten visualizar diferentes futuros posibles, la perspicacia de quien se encuentra evaluando el proyecto será de suma importancia siempre.

Por ejemplo, si no se hubiera pensado en el costo del alquiler como una variable relevante, el análisis no cambiaría demasiado, pero si el evaluador no intuyera que la cantidad de empleados podría afectar al proyecto, sí.

### 3.2 Incrementos y decrementos

Un tema que suscita la posibilidad de discusión es el de la conformación de los intervalos de variaciones en cada variable. Existen diferentes alternativas y todas ellas podrían considerarse válidas.

- Una de ellas es estructurar las variaciones en rangos de  $\pm 10\%$  de los valores esperados de la variable.
- Una segunda alternativa es tomar variaciones de menor porcentaje para los valores cercanos al valor esperado (1 %, 2 %) y que luego esos porcentajes se incrementen. Esto es lo que se hizo en el ejemplo planteado, donde los porcentajes se han ido duplicando o tomando cifras cercanas a esto: 1 %, 2 %, 5 %, 10 %, 20 %, 40 %, 100 %.
- También podría pensarse en un esquema del estilo: 33 %, 66 %, 99 %.
- O podría tenerse en consideración la evolución de las probabilidades en alguna distribución de probabilidades en particular, por ejemplo, si se entendiera que las cantidades vendidas se distribuyen en el ejemplo de manera aproximadamente “normal”, podrían tomarse incrementos típicos de hasta 34 %, 47,5 %, 49,5 %.

El inconveniente de hacerlo de esta manera radica en que cada una de las variables podría corresponderse con una distribución diferente.

Pero, sinceramente, no es el aspecto más relevante del análisis en particular que se está realizando, sino la comparación del efecto de cada variable, más allá de los incrementos elegidos.

Seguramente, dependiendo de las singularidades de cada proyecto, habrá que decidir si es más representativo tomar intervalos iguales, que escalen, o cuáles sean en definitiva.

Lo anteriormente dicho deja en claro que el análisis lo más detallado posible de cada una de las variables relacionadas será crucial en el análisis. De hecho, sin dudas, estudiarlas sería necesario para determinar de manera objetiva sus valores esperados.

Adicionalmente, algo que resultará relevante es acotar los valores de las variables a los valores particulares que la misma pueda tomar.

Con esto nos referimos a que, si bien el modelo plantea estructurar incrementos y decrementos homogéneos para todas las variables (todas en intervalos de 10 %, por ejemplo), habrá que analizar cada caso, porque en algunos de ellos tal vez algunos de esos valores no sean razonables, es decir, no sería posible que la variable tome determinados valores.

Como ejemplo tomemos el costo del alquiler. Según el caso planteado su valor esperado es de \$ 150.000.- mensuales. Siguiendo estrictamente decrementos de hasta un 100 % en cada variable, llegaríamos a un valor nulo del mismo, que no es lógico, pero incluso, tal vez, la reducción de ese valor en un 40 % como está pensado tampoco sea de esperar en la realidad, ya que el valor mínimo actual es de \$ 100.000.- y esa reducción implicaría llevarlo por debajo de eso.

Es por esto por lo que el análisis contextualizado se torna imprescindible y en estos casos el intervalo debiera abarcar hasta esos valores mínimos o máximos que podrían tomar las variables.

Asimismo, en los casos en que no existan topes “realistas” como los que mencionamos, una manera de acotar los valores a tomar por las variables, si existe información suficiente, es a partir de los valores posibles de acuerdo con alguna distribución de probabilidad.

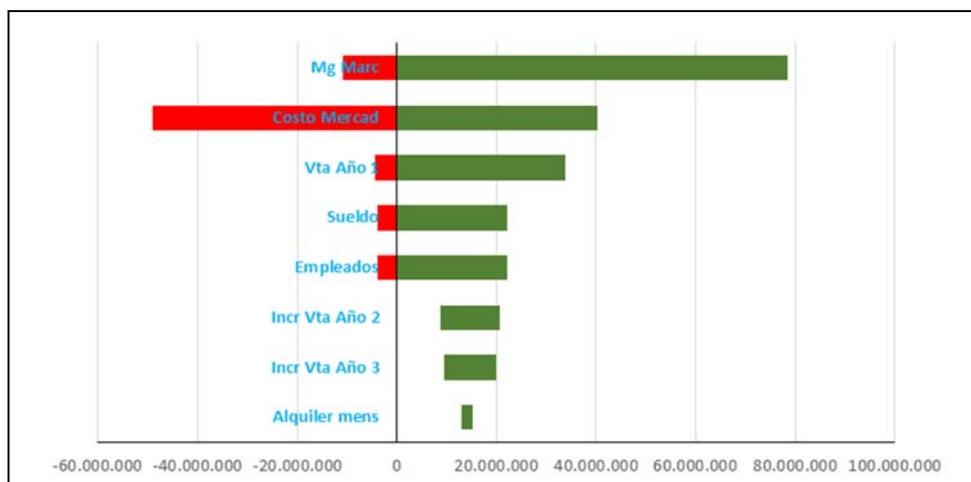
Si existieran valores históricos de las posibles unidades a vender, y suponiendo que las mismas se distribuyeran de manera aproximadamente normal, será factible calcular, además de la cantidad esperada, la dispersión de esos valores, y así poder establecer los valores límites de las cantidades a vender con un 99 % de probabilidad, por ejemplo.

Sólo a modo de continuar con el ejemplo inicial, supongamos que, aunque la cantidad a vender el primer año es de 1.500.000 unidades, esas cifras tienen una dispersión de 150.000 unidades. Si entendemos que la variable se comporta de manera normal, podríamos afirmar que la probabilidad de que tome valores inferiores a tres dispersiones por debajo de su esperanza matemática o superiores a tres dispersiones por encima a su esperanza es mínima y despreciable. Por ende, las unidades a vender el primer año no podrían ser inferiores a 1.050.000 ni mayores a 1.950.000, por lo que deberían descartarse como válidos los resultados de VAN/TIR de los dos primeros y de los dos últimos incrementos.

Por otra parte, también deberemos considerar que respecto de costos como cantidad de empleados, sus sueldos, el costo variable, como el margen de marcación, no sería razonable pensar en decrementos que los lleven a un valor nulo, pueden disminuir, pero no ser cero. Diferente es la cuestión de las variaciones año a año de las ventas, donde estaríamos considerando como posible que de un año al siguiente las ventas no varíen.

De esta manera, el gráfico se modifica tal como se muestra en la ilustración 2.

Ilustración 2: Tornado de VAN del proyecto ejemplo, versión variables acotadas



Podemos concluir ahora que las ventas del primer año dejan de ser una variable tan importante para cobrar mayor relevancia el costo variable como la posibilidad de establecer un satisfactorio margen de marcación.

#### 4. Conclusiones

Evaluar un proyecto de inversión no es una tarea determinista, por ello el modelo financiero que se utilice debe, de alguna manera, incluir el análisis del riesgo.

El análisis del gráfico de tornado no es suficiente en sí mismo para tomar la decisión sino que aporta una base, previo al empleo del modelo elegido, que permite visualizar de manera fácil el impacto de cada una de las variables involucradas, permitiendo que la toma de decisiones sea más eficiente y preparando al inversor para cuando se presenten algunos de los escenarios planteados.

Se torna de mayor utilidad cuando más alta es la variabilidad de las variables, cuando el evaluador cuenta con poca información para determinar posibles valores de las variables y de esta manera poder analizar qué sucedería con el proyecto en hipotéticas situaciones.

#### REFERENCIAS

- Bazzani, C. y Cruz Trejos, E. (2008). *Análisis de riesgo en proyectos de inversión: un caso de estudio*. Scientia et Technica, XIV (38), 309-314
- Fornero, R. (2006). *Usos de 'riesgo' en finanzas de empresas*. 26 Jornadas Nacionales de Administración Financiera, SADAF, págs. 55-99
- Gamov Bilenko, O. (2020). *Estudio de las técnicas de simulación empresarial: aplicación práctica a un caso real*. Universitat de Barcelona, Master en Comercio y Finanzas Internacionales

- Gnecco, M. (2011). *Riesgo país y tasa de rendimiento exigida*. Editorial Académica Española
- Gómez Manotoa, O. (2017). *Evaluación financiera y análisis de riesgos de un proyecto de inversión para la elaboración de chocolate artesanal orgánico en el Ecuador*. Universidad Andina Simón Bolívar
- Grosso Grazioli, A., Vicario, A. y Orellana, O. (2005). *Métodos de programación de inversiones con análisis de riesgo*. 25 Jornadas Nacionales de Administración Financiera, SADAF, págs. 162-183
- Gutiérrez Pinilla, A. y Sons Fierro, R. (2020). *Modelo de simulación para la evaluación de riesgo financiero en proyectos de inversión para MiPyMEs en Colombia*. Universidad Surcolombiana, Facultad de Economía y Administración, Maestría en Gerencia Integral de Proyectos
- Miranda Borbolla, J. (2014). *Producción de aceite de oliva en México: análisis de rentabilidad y riesgo*. En *Aportaciones en Matemáticas y Química*. Universidad Autónoma Chapingo, México, págs. 118-131
- Mun, J. (2012). *Simulador de riesgo: manual de usuario en español*. Real Options Valuation, Inc, págs. 119-130
- Rodríguez López, M., Piñeiro Sánchez, C. y de Llano Monelos, P. (2013). *Mapa de riesgos: identificación y gestión de riesgos*. Atlantic Review of Economics, 2 (1): 1-29
- Tapia, G. (2004). *Los factores subjetivos y la valoración de inversiones: incidencia en el riesgo y la tasa de corte*. 24 Jornadas Nacionales de Administración Financiera, SADAF, págs. 307-324
- Zerón Félix, M., Mendoza Cavazos, G. y Hernández Rodríguez, A. (2011). *Actitud ante el riesgo*. Contribuciones a la Economía, 1: 1-7

#### Referencia web

[https://repositorio-uapa.cuaieed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/1473/mod\\_resource/content/1/contenido/index.html](https://repositorio-uapa.cuaieed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/1473/mod_resource/content/1/contenido/index.html)