



III COLOQUIO PREDOCTORAL IBEROAMERICANO

Aplicación del VaR (Valor en Riesgo) a un Proyecto de Concesión de Obras de Riego

por

Eduardo Contreras Villablanca
Candidato Doctoral

Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad de Chile

“Aplicación del VaR (Valor en Riesgo) a un proyecto de concesión de obras de riego”.

Resumen.

Esta propuesta de investigación, pretende aplicar el modelo de Valor en Riesgo (VaR) (Longerstaey J. & Zangar P, 1995), al mercado agrícola en Chile, en particular un proyecto de concesión de una obra de riego, el proyecto Ancoa, que se describe detalladamente en este informe. En este tipo de proyecto, la viabilidad del negocio para el concesionario privado de la obra de riego, depende de la rentabilidad del negocio de los agricultores (clientes del concesionario), y depende también de los riesgos asociados a la ejecución de las obras. La rentabilidad del negocio agrícola, depende a su vez de una serie de factores de riesgo, entre los que destacan los riesgos de mercado (de precios de los productos) y los riesgos climáticos.

Cabe señalar que esta investigación, se inicia con la presentación y análisis de los elementos y tópicos relevantes en materia de cuantificación y valoración del riesgo y/o incertidumbre, alternativos al VaR (o complementarios con ese modelo), con el objetivo de desarrollar un marco teórico amplio, a partir de los distintos desarrollos disponibles a la fecha en materia de medición de riesgos en proyectos. De esta forma, en esta tesina se incluye el resultado del análisis de diversas teorías y métodos que pueden considerarse complementos o sustitutos del VaR (teorías y métodos relacionados).

Se incluye el desarrollo de los siguientes temas: Análisis probabilístico, Análisis de Sensibilidad y de Escenarios, Ajuste simple en la tasa de descuento, Equivalencia a la certidumbre, Simulación, *Capital Assets Pricing Model* (CAPM), opciones reales y árboles de decisión. Por último, se presenta el *Value at Risk* (VaR). El marco teórico y conceptual de este último, por ser central para la tesis, se profundizará y complementará en dicha investigación.

Se incorpora un análisis de los factores de riesgo más importantes en ambos negocios (agrícola y concesión de riego), así como la determinación de la incidencia relativa de las variables anteriores con la rentabilidad de la inversión del concesionario. Para el análisis anterior se considera no sólo el proyecto Ancoa, sino una muestra de tres proyectos (incluido Ancoa) a todos los cuales se les aplicó un análisis de sensibilidad.

Por último, se desarrolla una metodología para aplicar el análisis de riesgo, y en particular el Value at Risk, en proyectos de embalses. Esta metodología es la que sería aplicada en la etapa de la tesis. A modo de referencia, se ha incluido en esta tesina una aplicación aproximada (preliminar) para el proyecto objeto de estudio, sólo a modo de ejemplo. Las aproximaciones en este caso son dos: en primer lugar, el modelo de simulación considera directamente funciones de distribución de probabilidad obtenidas para cada factor de riesgo, con esas distribuciones se generan números aleatorios en cada año, sin considerar el proceso estocástico asociado, la segunda aproximación se relaciona con la no consideración de las correlaciones entre los factores de riesgo. El modelamiento de los procesos y la aplicación definitiva será también parte del trabajo de tesis.

Conceptos clave: Análisis de riesgo – VaR – Evaluación de Proyectos.

Fundamentos Teóricos de la Investigación.

Los riesgos de mercado (de tipos de interés, de tipos de cambio, de precios de algún activo, de opciones, de carteras, etc) pueden ser medidos con distintos métodos. Dentro de los métodos tradicionales para medir en particular el riesgo de tipos de interés, tenemos el método del gap (brecha) que analiza el calce entre activos y pasivos sensibles a dicha tasa, el método de la duración y la simulación. El VaR presenta algunas ventajas con respecto a estas medidas tradicionales de medición de riesgos de mercado.

Ventajas (respecto a métodos anteriores):

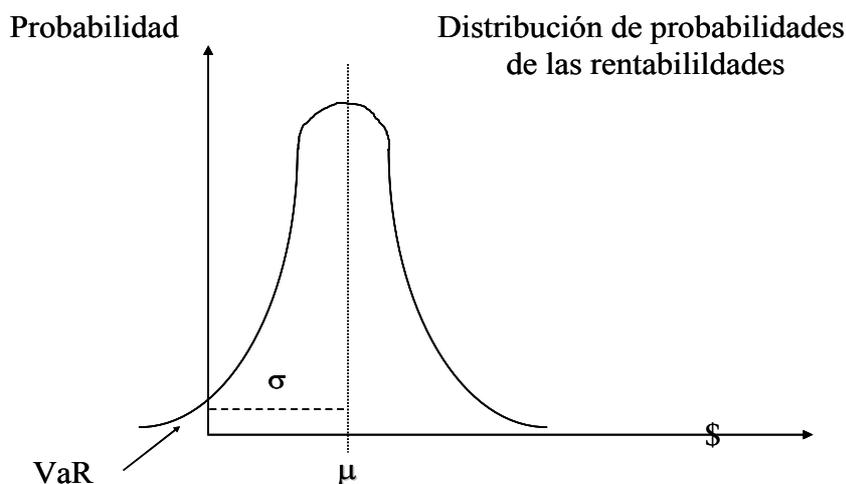
Permite medir y comparar riesgos teniendo en cuenta la cartera completa, y considerando no sólo las rentabilidades y riesgos individuales sino las correlaciones entre los mismos. Permite comparar la eficiencia de los gestores de carteras comparando no sólo las rentabilidades que estos obtienen, sino además la relación rentabilidad – riesgo que han diseñado.

Los pasos detallados de la metodología son conocidos, han sido difundidos (ya se cuenta con más de 7 años de difusión y marketing de la herramienta) y ha sido ampliamente aplicada. El hecho de que el método sea estándar, permite comparar los resultados.

Lo anterior permite que quienes trabajen con la herramienta, ya puedan conocer sus limitantes y su aplicabilidad, es decir, ya debieran poder saber bajo que condiciones la herramienta es aplicable y bajo que condiciones se deben hacer ajustes y contrastar con otros métodos. Esto es una ventaja con respecto a modelos y metodologías que son más bien “cajas negras”, más difíciles de ajustar.

Se ha establecido en el mercado como una medida clave del riesgo de mercado, desde que el Comité de Basilea estableció que los bancos deberían ser capaces de cubrir pérdidas en sus portafolios sobre un horizonte de 10 días un 99% del tiempo.

Básicamente lo que el VaR mide es la exposición al riesgo para un cierto nivel de confianza, es decir, el monto máximo que se podría perder para ese nivel de confianza, ese monto máximo tiene asociado una probabilidad de perder:



Críticas al VaR¹ paramétrico:

Se han propuesto alternativas como la de usar simulación ex post, valorizando la cartera actual con los datos históricos de precios y tasas, eligiendo los niveles de pérdidas que con alta confiabilidad (más que el 95%) podrían ocurrir para la actual cartera según los datos históricos.

El modelo asume que la distribución conjunta es normal². Se han propuesto alternativas que reflejen mejor la distribución de probabilidades de los precios de las acciones.

Se le critica que la volatilidad futura sea estimada con medias móviles que pesan más los periodos más recientes que los distantes. Se critica además que se proponga un parámetro único para ponderar las volatilidades históricas de todos los activos en lugar de estimar parámetros para cada activo.

La mayor parte de estas críticas han sido respondidas por JP Morgan³:

Comentarios a las críticas contra el uso del VaR:

En relación al alcance y aplicabilidad, se indica que el no considerar los valores extremos no es un problema de la metodología ya que nada fuerza a usar un intervalo del 95% de confianza, este puede ser modificado y se modifican entonces los parámetros de las ecuaciones. En general, si α es el nivel de confianza seleccionado, el VaR pasa a ser una función de α .

Se señala además que los gestores de riesgo no están interesados sólo en los casos extremos, y que por lo tanto la elección de la metodología a aplicar dependerá también de las exigencias de los reguladores. Se plantea que los métodos de simulación ex post propuestos como alternativa pueden ser muy costosos por la gran cantidad de información histórica que requerirían.

Respecto a la normalidad o no normalidad de los precios de las acciones, se señala que más importante que esa discusión, es analizar si los modelos no normales son mejores para predecir el futuro que los modelos normales.

Respecto al método exponencial propuesto para explicar la dinámica de la volatilidad, se defiende el uso un parámetro único para ponderar las volatilidades históricas de todos los activos en lugar de estimar parámetros para cada activo, argumentando la mayor simplicidad (debido a la gran cantidad de parámetros a estimar en el modelo alternativo)

En nuestra opinión, muchas de estas disquisiciones iniciales del modelo, han sido superadas en la práctica en la medida de que se han ido integrando mejoras a la versiones originales de Risk Metrics: ajustes al intervalo de confianza, e incluso aplicaciones integradas de VaR con modelos de procesos *Jump Poisson*, o el uso de EVT (Extreme Value Theory) como alternativa al VaR, si bien hasta donde se conoce no hechas por JP Morgan sino por otras empresas y por académicos⁴. Se puede decir que quienes se han apropiado del modelo originalmente propuesto por Risk Metrics, están introduciendo mejoras que permiten superar varios de los puntos de discusión iniciales en torno al tema.

Finalmente, respecto a la aplicabilidad de la herramienta, debe tenerse en cuenta que las estandarizaciones propuestas por JP Morgan suponen que los activos cuya volatilidad se modela tengan precios de mercados que oscilan por motivos de oferta y demanda. En sectores regulados no se

¹ Lawrence C. & Robinson G (market risk management division at BZW), "How safe es Risk Metrics?", Market Risk, Vol 8, N° 1, January 1995.

²Ya que para los precios de acciones se propone un modelo browniano geométrico con un proceso de Weiner

³ Longerstae J. & Zangar P, Market risk research group at JP Morgan, "A transparent tool", Market Risk, Vol. 8, N° 1, 1995.

⁴Fernández V, "Extreme Value Theory and Value at Risk", Documentos de Trabajo, Serie Gestión, N°47, Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile, marzo de 2003.

cumple la condición anterior, esto dificulta la aplicación a sectores como agua potable, energía y telefonía fija, en cambio no hay dificultades para su aplicación (con los supuestos iniciales de Risk Metrics) en la minería del cobre, en índices de precios (como el IPSA), en el tipo de cambio (desde que este se dejó flotar producto de la eliminación de las bandas de precios del Banco Central) y en la agricultura (en particular en un proyecto de riego, seg. Si se deseara ajustar el modelo del VaR a sectores donde no se dan las condiciones anteriores (las intervenciones regulatorias serían una posible causa), se puede hacer más sofisticada la estimación de volatilidades usando (por ejemplo) un modelo *Jump Poisson*. En cualquier caso, el nivel de sofisticación para estimar la volatilidad, depende del uso que se le quiera dar al VaR.

Se puede plantear una analogía entre las críticas que se han hecho al VaR y las críticas a la ecuación de Black y Sholes (B-S) para la valoración de opciones. A esta última se le ha criticado el partir de una distribución lognormal para los precios, así como las hipótesis de volatilidad constante y tasa de interés libre de riesgo también constante. También es posible “sofisticar” el modelo B-S con valores esperados para la tasa libre de riesgo (sub modelos estocásticos de B-S como paso previo para llegar a la ecuación de B-S), o con modelos distintos a la distribución normal para estimar las volatilidades. Sin embargo a la fecha no encontramos un modelo alternativo que se esté utilizando tanto como B-S, lo cual seguramente guarda relación con su relativa simplicidad, estandarización de métodos y por ende fortalezas en cuanto a poder contrastar y comparar resultados. Los modelos alternativos pueden ajustarse mejor por un tiempo: los modelos que incluyen shocks se ajustan mejor cuando ha habido shocks (nuevamente los modelos *Jump Poisson*, por ejemplo).

Tanto para el VaR como para el modelo de B-S, las alternativas son modelos más específicos que valoran mejor para casos específicos, pero no para la generalidad, en el largo plazo han seguido siendo más consistentes los modelos paramétricos. Cabe señalar que todos estos comentarios finales son válidos para mercados accionarios. Pero las críticas al VaR y a B-S sí son válidas para valoración de activos reales, en particular en sociedades anónimas cerradas, cuando no tenemos precios de mercado (ejemplo en proyectos de inversión de este tipo de sociedades), en estos casos sí hay volatilidades intrínsecas a modelar en forma específica, además en estos casos no existe la necesidad de estandarizar. Por tanto en esos casos se desarrolla un modelo para ese conjunto de activos, el que le interesa a la empresa, incluyendo las volatilidades intrínsecas del proyecto. En el caso de opciones, esto se traduce por ejemplo en los métodos de valoración de opciones reales por medio de simulación.

Metodología de análisis

Fuentes de información, unidades de análisis y proceso de obtención de datos

Se trabaja con las series históricas de precios de productos agrícolas. Estos datos ya han sido recopilados básicamente de tres fuentes: El Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la Oficina Nacional de Planificación Agrícola (ODEPA) y la Dirección Nacional de Aduanas (esta último para los precios de exportación de productos agrícolas).

Se cuenta con información de precios desde la década del 70. No obstante se analiza caso a caso desde que año se considerarán estos precios, ya que hasta esa década existían aún muchas regulaciones de precios en el país. Se determinará entonces desde que año se considerarán los datos recopilados para efectos del cálculo del VaR del VAN.

Modelo Operacional⁵

Supongamos que el riesgo del proyecto depende sólo del riesgo asociado a los precios de un producto agrícola.

⁵ Este punto se basa en una aplicación similar realizada para la minería (Cruz, 2004)

En este ejemplo, el interés radica en estimar la pérdida máxima (al 95%) que pudiera sufrir el proyecto respecto a su VPN esperado. La pregunta es cuál es el riesgo asociado a esta inversión.

La manera de responder esta pregunta, se basa en proyectar un escenario de precios futuros que se mueva por debajo del precio esperado, y que separe los posibles escenarios de precios entre los que ocurren con probabilidad del 95%, y los que ocurren con probabilidad del 5%.

El riesgo de esta inversión se puede medir en cuánto se podría desviar el precio de su trayectoria media estimada. Entonces se puede evaluar el valor de la inversión a través de una trayectoria crítica del precio, y que corresponde a aquel precio tal que precios menores que este sólo ocurren con una probabilidad baja (5%). ¿Cómo se calcula este precio límite? La clave consiste en encontrar alguna variable en la cual podamos conocer o proyectar de manera razonable su función de distribución de probabilidad, y resolver la ecuación

$$\Gamma_P(P_{VaR}) = 5\%$$

Donde Γ representa la función de densidad de probabilidad acumulada.

Supongamos inicialmente que el cambio porcentual del precio se distribuye en forma normal, con valor esperado igual a Re y con varianza igual a $t \times \sigma^2$ donde σ^2 representa la varianza de 1 día del precio. Esta volatilidad diaria (definida como la desviación estándar de los cambios porcentuales diarios) se puede suponer por ejemplo, que se mantendrá en los próximos periodos.

La ventaja de suponer normalidad es que el percentil al 5% es conocido y puede calcularse en función de tomar el valor medio y restarle un determinado número de desviaciones estándares (1,64 desviaciones para un 5%, 2,33 para un 1%)

De esta manera el cambio porcentual que separa la distribución entre los menores (los que más hacen caer el precio) que ocurren con un 5% de probabilidad y los

mayores que ocurren con un 95% de probabilidad es R_{VaR} , y se calcula (para el caso de la distribución normal) como:

$$R_{VaR} = R_e - k \cdot \sigma$$

Cuando existe más de 1 variable que explica el riesgo de una inversión determinada, es necesario calcular los riesgos en forma individual primero, y luego considerar las interacciones de estas variables incorporando sus correlaciones.

Por ejemplo, si una inversión tiene 2 factores de riesgos (factor 1 y factor 2), se podría mediante la técnica antes descrita calcular los VaR individuales, VaR_1 y VaR_2 .

El valor en riesgo total, que incorpora ambos factores en forma simultánea se denomina VaR covariado, o VaR total y se calcula como sigue:

$$VaR_{Total}^2 = VaR_1^2 + VaR_2^2 + 2\rho VaR_1 VaR_2$$

Donde ρ es el coeficiente de correlación entre el factor 1 y el factor 2.

Para el caso de más de dos variables, el análisis es similar sólo que es necesario compactar la notación que se vuelve engorrosa, por lo que se utiliza notación matricial.

Técnicas de análisis de los datos:

En base a las series históricas de precios de productos agrícolas, se estimarán volatilidades y correlaciones de los precios. Lo anterior permitiría estimar el VaR del VAN mediante modelos paramétricos.

Independientemente de ese método, se han estimado funciones de distribución de cada uno de los precios (también a partir de los datos históricos) ajustando curvas de distribución de probabilidades mediante el test Chi cuadrado. Con las distribuciones así obtenidas, se calculó el VaR del VAN mediante simulación de Montecarlo.

Resultados esperados y logrados a la fecha

- Identificar los principales factores de riesgo en este tipo de proyectos. Este resultado ya se obtuvo en el marco de la tesina.
- Modelar el comportamiento de las principales variables aleatorias identificadas (precios y otros).
- Cálculo del VaR del VAN con al menos dos modelos (paramétrico y no paramétrico). La estimación preliminar (aproximada) con uno modelo no paramétrico, ya se obtuvo en el marco de la tesina.

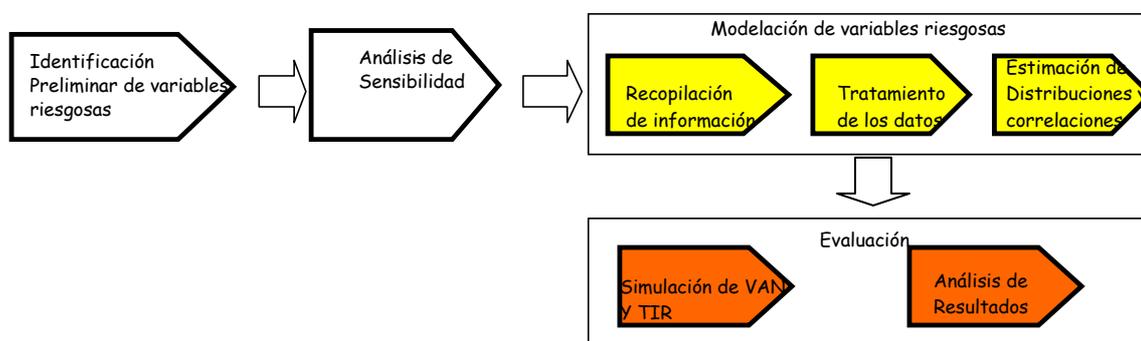
- Un modelo preliminar para el sector que permita comunicar los riesgos de una inversión o un proyecto y comparar riesgos en términos de pérdidas potenciales.
- Desarrollar metodologías de aplicación y métricas que permitan realizar comparaciones entre proyectos del sector, en términos de su rentabilidad y riesgo. La metodología ya fue desarrollada en el marco de la tesina.
- Análisis y explicación de los resultados obtenidos.

Ejemplos de resultados obtenidos a la fecha:

Metodología propuesta para la evaluación bajo incertidumbre para proyectos de riego.

Se diseña el siguiente procedimiento para incorporar la incertidumbre y la medición del VaR en la evaluación de proyectos de riego, mediante un método no paramétrico.

Figura 1: Diagrama de flujo del procedimiento de evaluación bajo incertidumbre.



Fuente: Elaboración Propia.

Cada una de estas etapas se han desarrollado a nivel de manuales de aplicación y se ha realizado la aplicación al ya mencionado Proyecto Ancoa.

Desarrollo de análisis de sensibilidad para tres proyectos.

Como parte de la metodología, en forma previa a la estimación de las funciones de distribución de las variables riesgosas, se propone realizar un análisis de sensibilidad que permita identificar las variables relevantes a analizar. Estos análisis se presentan a continuación para dos de esos tres proyectos. La idea de considerar dos más, adicionales a Ancoa, es investigar si las variables riesgosas son las mismas en este tipo de proyectos, a objeto de determinar que tan generalizables puedan ser los resultados que se obtengan para Ancoa. Se sensibilizó respecto a los precios de cada uno de los productos de los terrenos beneficiados por esa obra de riego, y para variaciones de todos los precios en conjunto. Se analizaron también los montos de las inversiones. Otras variables, en particular los costos operacionales (costos operacionales de mano de obra, de transporte y de comercialización) están sujetos a poca variabilidad, por lo que no fueron considerados.

Análisis de sensibilidad del proyecto Canal La Victoria de Vilcún.

Cuadro 1: Análisis de sensibilidad del proyecto La Victoria de Vilcún.

Cultivo	Xo \$/Kg.	X1 \$/Kg.	VAN o \$	VAN1 \$	Delta VAN \$	Delta VAN VAN o	DeltaX Xo	Elasticidad
Trigo	89.9	98.9	5.863.332.018	5.812.634.841	-50.697.177	-0.86%	10.00%	-8.65%
Cebada	77.3	85.0	5.863.332.018	5.862.526.161	-805.856	-0.01%	10.00%	-0.14%
Avena	54.2	59.6	5.863.332.018	5.843.866.248	-19.465.770	-0.33%	10.00%	-3.32%
Papa	65.3	71.8	5.863.332.018	6.079.568.812	216.236.794	3.69%	10.00%	36.88%
Remolacha	22.2	24.4	5.863.332.018	6.002.695.748	139.363.730	2.38%	10.00%	23.77%
Frambuesa c.v. Meeker*	791.2	870.4	5.863.332.018	6.004.683.604	141.351.586	2.41%	10.00%	24.11%
Frambuesa c.v. Heritage*	615.3	676.9	5.863.332.018	5.862.264.932	-1.067.086	-0.02%	10.00%	-0.18%
Manzano c.v. Fuji	68.7	75.5	5.863.332.018	5.930.782.371	67.450.353	1.15%	10.00%	11.50%
Manzano c.v. Royal Gala	53.9	59.2	5.863.332.018	5.920.210.860	56.878.842	0.97%	10.00%	9.70%
Carne*	492.1	541.3	5.863.332.018	6.005.528.845	142.196.828	2.43%	10.00%	24.25%
Leche*	101.2	111.3	5.863.332.018	6.552.122.261	688.790.244	11.75%	10.00%	117.47%
Todos los precios			5.863.332.018	7.243.564.502	1.380.232.484	23.54%	10.00%	235.40%
Inversión (\$)	898.716.320	988.587.952	5.863.332.018	5.773.460.386	-89.871.632	-1.53%	10.00%	-15.33%

*En el caso de las frambuesas, carne y leche no hay una única proyección de precio.

Fuente: Elaboración Propia a partir del Estudio de Geotecnica Consultores, 1997

Análisis de sensibilidad del proyecto Ancoa.

En este proyecto no fue posible sensibilizar a nivel de precios de cada producto, dado que dicha información no se encontraba a ese nivel de desagregación en las planillas con las que se han construido las valoraciones preliminares desarrolladas a la fecha⁶. Por lo tanto se sensibilizó respecto a todos los precios en conjunto. Se analizaron también los montos de las inversiones y la tasa de incorporación a riego. Los resultados se sintetizan en el siguiente cuadro:

Cuadro 2: Análisis de sensibilidad del proyecto Ancoa.

Escenario	Variable	$\Delta VAN / VAN$	$\Delta x / x$	Elasticidad
E1-A	Todos los precios	-0.195473294	-10%	1.95473294
E2-A	Todos los precios	-0.227818506	-10%	2.27818506
E3-A	Todos los precios	-0.277927999	-10%	2.77927999
E4-A	Todos los precios	-0.283921194	-10%	2.83921194
E5-A	Todos los precios	-0.25961588	-10%	2.5961588
E6-A	Todos los precios	-0.235368448	-10%	2.35368448
E7-A	Todos los precios	-0.253957806	-10%	2.53957806
E1-A	Inversión	-0.046142643	-10%	0.46142643
E2-A	Inversión	-0.047419769	-10%	0.47419769
E3-A	Inversión	-0.053448365	-10%	0.53448365
E4-A	Inversión	-0.055150014	-10%	0.55150014
E5-A	Inversión	-0.056256238	-10%	0.56256238
E6-A	Inversión	-0.057162764	-10%	0.57162764
E7-A	Inversión	-0.054545599	-10%	0.54545599
E1-A	Incorporación riego	a -0.071381644	-10%	0.71381644
E2-A	Incorporación riego	a -0.071766714	-10%	0.71766714
E3-A	Incorporación riego	a -0.072910485	-10%	0.72910485

Fuente: Elaboración Propia a partir del Estudio "Construcción Embalse Ancoa, Etapa de Diseño VII Región.", Consultora: SMI - Luis San Martín Moll, 2004

Se confirma la importancia del modelamiento adecuado de los precios por sobre las otras variables riesgosas de los proyectos. Este resultado también se confirmó con el tercer proyecto al cual se le realizó análisis de sensibilidad (proyecto Laja – Diguillín).

⁶ Esas planillas se están elaborando para poder desarrollar la segunda parte de este estudio.

Aplicación preliminar de la metodología propuesta al proyecto Ancoa.

Obtención de distribuciones de probabilidad para cada una de las variables de riesgo en los tres proyectos a re evaluar.

El Cuadro 3 muestra la función de probabilidad seleccionada para cada precio, el periodo de tiempo considerado y el número de datos utilizados para realizar el ajuste, así como los test de bondad del ajuste (test chi² y P-value) y su valor medio. Se ha incluido también el dólar al final de dicho cuadro.

Cuadro 3: Función de probabilidad seleccionada para precios de productos y dólar.

Cultivos	Función seleccionada	Período (N° Datos)	Test Chi ² (P-value)	Media Esperada del Ajuste
Trigo	Gamma(438,46;243,82)	1997-2002 (18 datos)	0,22 (0,97)	106.904 (\$/ton)
Arroz	Expon(4587,539)+85019,8	2000-2004 (15 datos)	0,0 (1,0)	89.697 (\$/ton)
Papas	Pearson5(13,116;1014666)	1992-2002 (33 datos)	4,54 (0,60)	83.744 (\$/saco 80kg)
Poroto consumo interno	Weibull(3,7025;528334)	1992-2002 (33 datos)	5,82 (0,44)	476.814 (\$/ton)
Poroto exportación	Lognorm(1,2726, 0,72493)	1995-2001 (9 datos)	0,11 (0,74)	1,27 (US\$ FOB/Kg)
Cebolla	Invgauss(3283,74027;9925,416)	1994-2004 (128 datos)	12,16(0,43)	3108 (\$/ ciento)
Choclo	Logistic(5637,26;530,5669)	1994-2004 (22 datos)	0,14 (0,98)	5637 (\$/ciento)
Maíz de Grano	Gamma(52,757;1854,1)	1992-2002 (22 datos)	2,36 (0,50)	97.814 (\$/ton)
Espárragos Exportación	Loglogistic(0;1,9971;5,7972)	1992-2002 (22 datos)	1,64 (0,65)	2,10 (US\$ FOB/Kg)
Espárragos Mercado Interno	InvGauss(585,77, 74222,21, Shift(-195,22))	1998-2004 (12 datos)	0,00 (1,00)	391 (\$/kg)
Tomate	Logistic(2059,96775;292,41594)	1994-2004 (33 datos)	4,12 (0,66)	2060 (\$/caja 20Kg)
Poroto verde	BetaGeneral(1,874794;2,93202;3562,82277;7559,1437)	1994-2004 (26 datos)	0,54 (0,97)	5122 (\$/ QQ 30Kgs)
Arveja Verde	Normal(8404,5629;1555,69952)	1994-2004 (27 datos)	0,96 (0,92)	8405 (\$/ QQ 30 Kgs)
Brócoli	Loglogistic(6650,09;7065,122;5,51032)	1994-2004 (33 datos)	2,42 (0,88)	14113 (\$/ciento)
Habas	InvGauss(2231,3, 3982,0, Shift(1629,7))	1994-2003 (9 datos)	0,11 (0,74)	3861 (\$/ QQ 30 Kgs)
Remolacha	Triang(26225, 29346, 38574)	1994-2004 (118 datos)	5,86 (0,88)	31381 (\$/ton)
Manzana Exportación	BetaGeneral(13,231;5,0003;0;0,6209)	1992-2002 (22 datos)	0,55 (0,91)	0,45 (US\$ FOB/Kg)
Manzana Mercado Interno	Triang(34,204, 77,500, 93,234)	1998-2004 (14 datos)	0,14 (0,93)	68,13 (\$/Kg)
Kiwi	InvGauss(54,465, 97,937, Shift(37,314))	1994-2004 (22 datos)	1,63 (0,65)	91,78 (\$/Kg)
Vid vinífera	Expon(29,727, RiskShift(96,098))	1994-2004 (11 datos)	0,09 (0,76)	125,8 (\$/Kg)
Pera Exportación	Gamma(62,122;0,0073697)	1992-2002 (22 datos)	0,55 (0,91)	0,46 (US\$ FOB/Kg)
Pera Mercado Interno	Loglogistic(-10,60;86,091344;8,6328783)	1994-2004 (22 datos)	0,90 (0,82)	77,41 (\$/Kg)
Cereza Exportación	BetaGeneral(22,971;4,2899;0;4,3295)	1997-2002 (12 datos)	0,00 (1,00)	3,64 (US\$ FOB/Kg)
Cereza Mercado Interno	ExtValue(389,708, 58,208)	1998-2004 (12 datos)	0,00 (1,00)	423 (\$/Kg)
Arándano Exportación (congelado)	LogLogistic(0,0000;1,6994;5,8982)	2002-2003 (20 datos)	1,60 (0,66)	1,78 (US\$ FOB/Kg)
Frambuesa Exportación (congelado)	Weibull(4,6699, 2,0713)	1992-2002 (22 datos)	1,64 (0,65)	1,89 (US\$ FOB/Kg)
Frambuesa Mercado Interno	Gamma(137,51;3,811)	2000-2002 (10 datos)	0,00 (1,00)	524 (\$/Kg)
Frutilla Mercado Interno	Pearson5(29,524;10330)	1992-2002 (22 datos)	1,64 (0,65)	362 (\$/Kg)
Sandía	Triang(20913, 20913, 52220)	1994-2004 (22 datos)	1,63 (0,65)	31349 (\$/ciento)
Carne	BetaGeneral(3,118, 9,548, 393,89, 836,33)	1996-2004 (104 datos)	4,23 (0,96)	503 (\$/Kg)
Leche	Normal(115,0696, 9,2537)	1998 -2004 (79 datos)	4,67 (0,86)	115 (\$/lt)
Olivos (aceitunas)	Logistic(553,290, 16,294)	1999- 2004 (18 datos)	1,11 (0,77)	553 (\$/Bolsa)
Dólar	Lognorm(146,01, 104,54, Shift(445,95))	2000-2004 (46 datos)	4,7 (0,69)	591 \$/dólar

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo preliminar de evaluación del proyecto Ancoa con simulación de Monte Carlo.

Esta aplicación aproximada para el proyecto objeto de estudio, se incluye sólo a modo de ejemplo. Las aproximaciones que se han realizado (y que motivan que este punto sea sólo una referencia preliminar) son básicamente dos: en primer lugar, el modelo de simulación considera directamente funciones de distribución de probabilidad obtenidas para cada factor de riesgo, con esas distribuciones se generan números aleatorios en cada año, sin considerar el proceso estocástico asociado (por tanto los precios Pt no están enlazados con los de Pt-1, como ocurre en un proceso estocástico), la segunda aproximación se relaciona con la no consideración de las correlaciones entre los factores de riesgo. Para obtener la distribución de probabilidades del VAN y TIR para el proyecto Ancoa, se utilizó simulación de Montecarlo con 1.000 iteraciones. A continuación se presenta una tabla resumen con los principales resultados obtenidos.

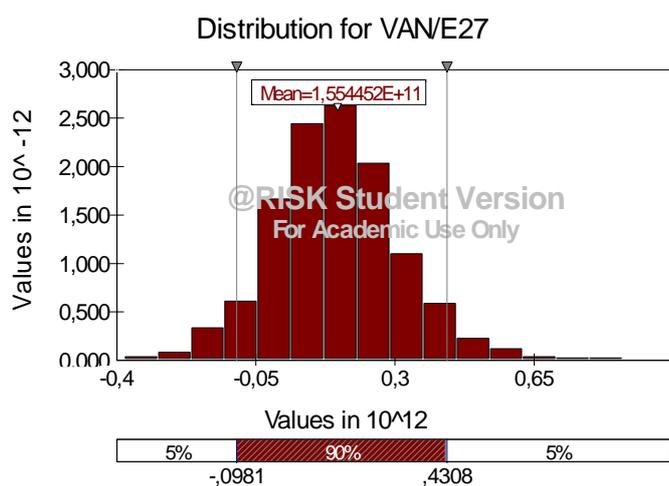
Cuadro 4: Principales resultados de la simulación.

	VAN esperado	Intervalo de Confianza (90%)	Probabilidad VAN < 0
Desviación Estándar del VAN	155.445.200	(-98.089.620; 430.835.900)	16,22%
Máximo VAN obtenido	163.646.900		
Mínimo VAN obtenido	957.524.700		
TIR esperada	-378.628.100		
	41,65%		

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los resultados se debe destacar que la probabilidad de VAN negativo es distinta de cero. El gráfico siguiente muestra gráficamente los resultados, en particular para la determinación del intervalo del 90% de confianza.

Figura 2: Histograma de la distribución del VAN



Fuente: Elaboración propia

De estos mismos resultados es posible inferir el VaR del VAN, es decir, la máxima pérdida de VAN posible con un 95% de confianza, que equivale a la rentabilidad en riesgo con respecto al VAN esperado. En este caso, el VaR sería la diferencia entre el valor esperado de M\$ 155.445.200 y el valor que deja un 5% a la izquierda que es de M\$ -98.089.620. Por lo tanto $VaR = M\$ 155.445.200 - (M\$98.089.620) = M\$ 253.534.820$.