

INT-1101



CEPAL

ILPES

INSTITUTO LATINOAMERICANO
DE PLANIFICACION
ECONOMICA Y SOCIAL

PROGRAMA DE CAPACITACION



Documento PR-7

EL ANALISIS DE RIESGO Y SENSIBILIDAD EN EL
ANALISIS ECONOMICO DE PROYECTOS */

IDE-Banco Mundial

*/ El presente documento, que se reproduce para uso exclusivo de los participantes de cursos del Programa de Capacitación, corresponde a "Materiales de Capacitación del IDE", N° 575-011, octubre 1983.

84/7/1111





Materiales de Capacitación del IDE

575-011
Oct 1983

EL ANALISIS DE RIESGO Y SENSIBILIDAD EN EL ANALISIS ECONOMICO DE PROYECTOS

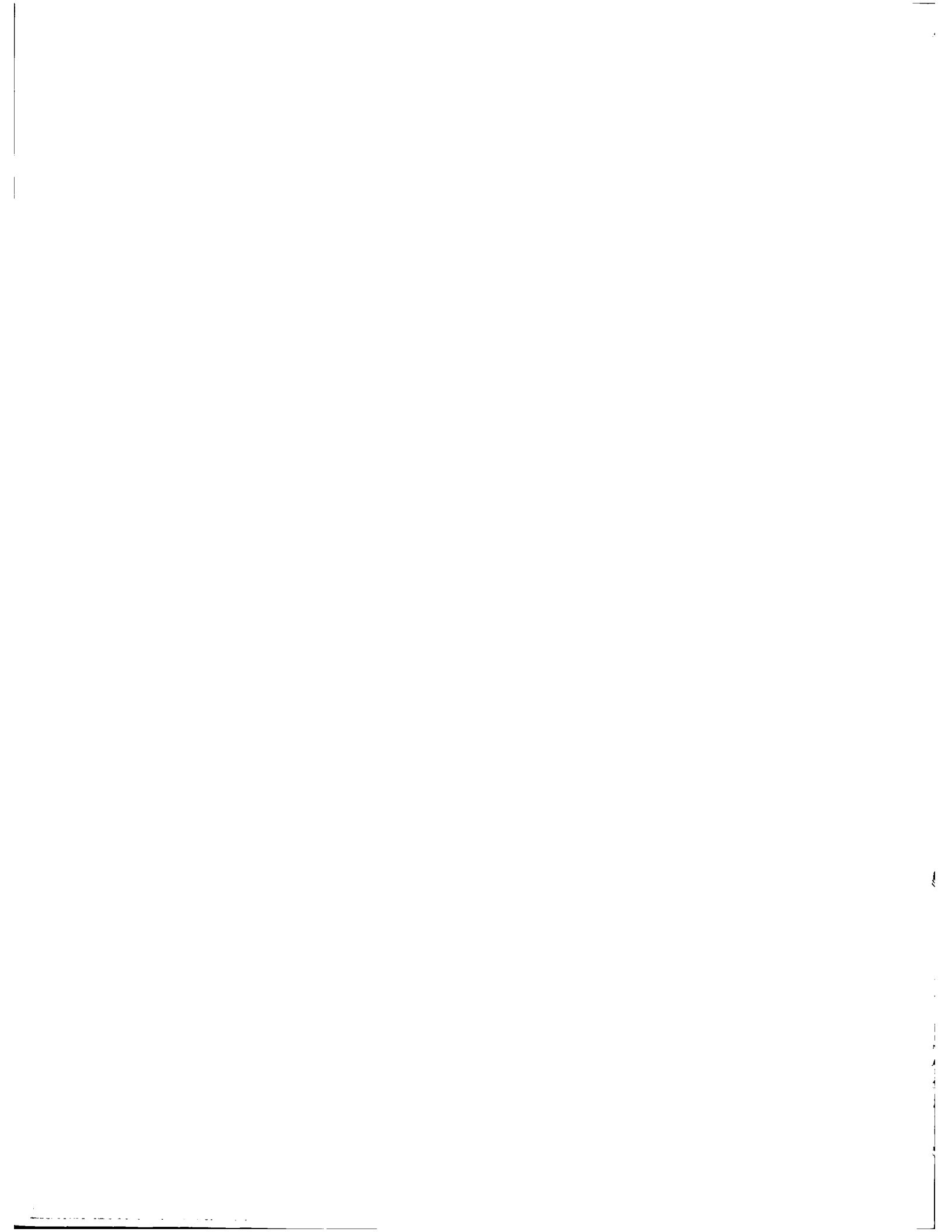
En esta Nota de Curso se reproduce la Nota del Servicio Central de Proyectos (NSCP) 2.02 del Banco Mundial. Estas notas proporcionan pautas generales al personal del Banco Mundial acerca de varios aspectos de las metodologías a ser usadas en los análisis financiero, económico y social de los proyectos.

En la NSCP 2.02 se examina la necesidad de tener en cuenta la gama de posibles variaciones en los valores de los parámetros básicos de los proyectos debido a la incertidumbre que acompaña a los acontecimientos futuros y a la imprecisión de los datos. Esta Nota ofrece algunas sugerencias en cuanto al método de interpretar y presentar los tests de sensibilidad; también esclarece la índole del análisis de riesgo cuantitativo e indica las circunstancias en que ese análisis es conveniente.

Incluído en el Programa por: Ana M. Jeria

Copyright © 1983 Banco Internacional de Reconstrucción Fomento

El Banco Mundial posee derechos de autor de conformidad con el Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Sin embargo, este material puede copiarse con fines educativos, académicos o de investigación exclusivamente en los países miembros del Banco Mundial. Los materiales de esta serie están sujetos a revisión. Las opiniones e interpretaciones que aparecen en este documento pertenecen a los autores y no deben atribuirse al IDE ni al Banco Mundial. En caso de que se lo reproduzca o traduzca, el IDE agradecería que se le enviara una copia.



El análisis de riesgo y sensibilidad en el análisis económico de proyectos

I. Introducción

1. El análisis económico de proyectos se basa necesariamente en acontecimientos futuros inciertos y en datos imprecisos y, por consiguiente, la medición de los costos y beneficios económicos entraña de manera inevitable la formulación de juicios de probabilidad, ya sea explícitos o implícitos. Los elementos básicos en las corrientes de costos y beneficios, como precios y cantidades de insumos y productos, rara vez representan acontecimientos seguros, o casi seguros, en el sentido de que se puedan expresar en forma razonable mediante valores individuales. Es conveniente, por lo tanto, que los análisis de costos-beneficios tengan en consideración la gama de posibles variaciones en los valores de los elementos básicos y que el grado de las incertidumbres que acompañan al resultado se reflejen con claridad en la presentación del análisis.

2. Habida cuenta de lo expuesto, el análisis de sensibilidad ha sido una característica tradicional del análisis económico en el Banco. Este análisis debe preceder al análisis formal de riesgo y, en ocasiones, puede sustituirlo en forma eficaz. Ahora bien, el alcance del análisis de sensibilidad y la manera en que se presentan sus resultados tienden a variar en grado considerable en su utilidad. Esta Nota ofrece algunas sugerencias en lo que se refiere al método de interpretar y presentar los tests de sensibilidad, también esclarece la índole del análisis de riesgo cuantitativo e indica las circunstancias en que ese análisis es conveniente.

3. Toda vez que en esta Nota se examina el análisis de costos-beneficios en el contexto de la incertidumbre, suplementa la Nota del Servicio Central de Proyectos 2.01 acerca de los "Criterios de inversión en el análisis económico de proyectos" (fecha del 29 de junio de 1977). En la sección siguiente se vuelve a interpretar primero el criterio básico del valor neto actual en este contexto, dedicándose atención particular a la función del riesgo en la formulación de decisiones. Después se examina el análisis de sensibilidad (Sección III), antes de hacer una descripción de los aspectos principales del análisis del riesgo cuantitativo (Sección IV). Por último, en la Sección V se presenta un breve resumen.

II. El criterio del valor neto actual esperado y el riesgo

4. En circunstancias normales el criterio apropiado con respecto a la decisión económica, desde el punto de vista del país, se relaciona sólo con el valor esperado del valor neto actual del proyecto. Ese valor esperado tiene en cuenta toda la gama de posibles valores actuales de los beneficios netos derivados del proyecto. Se calcula ponderando todas las posibilidades con sus correspondientes frecuencias relativas o probabilidades. Si, por ejemplo, el valor neto actual (VNA) puede tomar los valores de +\$20 millones y -\$80 millones con probabilidades de 0,7 y 0,3 respectivamente, entonces el VNA esperado del proyecto es $+0,7(20) - 0,3(80)$, ó -\$10 millones (es decir, el proyecto debe ser rechazado).

5. El valor esperado, o la "media" es uno de los varios "promedios" o medidas de "tendencia central" utilizados en estadística. No ha de confundirse con el "modo", que es el valor que ocurre con más frecuencia (o el valor más probable) entre todos los valores posibles que puede asumir el VNA. El "modo" y la "media" coinciden para algunas distribuciones estadísticas 1/. Ahora bien, dado que muchos analistas de proyectos piensan en términos del valor más probable, o "modo", cuando se estiman los varios elementos de costos y beneficios es importante tener presentes sus posibles diferencias, ya que de otra manera pueden producirse errores conceptuales. En el ejemplo del párrafo precedente, el valor más probable del VNA es +\$20 millones ya que tiene una posibilidad de ocurrencia del 70%; en este cálculo se hace caso omiso por completo del 30% de posibilidad del valor extremo de -\$80 millones. Así, la utilización del modo en este caso daría por resultado la aceptación de un mal proyecto, que cabría esperar que provocara una pérdida de \$10 millones en promedio.

6. Al igual que ocurre en el caso de ciertos resultados examinados en la Nota del Servicio Central de Proyectos acerca de los "Criterios de inversión en el análisis de proyectos" (párrafos 11-12), el criterio de decisión económica también tiene dos partes en este contexto, a saber: a) el valor neto actual esperado no debe ser negativo ($VNAE \geq 0$), y b) el valor neto actual esperado de la opción del proyecto elegido debe ser más alto (o no menor) que los de otras opciones que se excluyen mutuamente ($VNAE^* \geq VNAE_i$, en que $VNAE^*$ representa la opción elegida en tanto que $i = 1, \dots$ representa otras opciones competidoras). El criterio puede volver a formularse en términos del valor esperado de la tasa de rendimiento económico. Sin embargo, en el caso de la segunda mitad del criterio, el relacionar las elecciones entre proyectos que se excluyen mutuamente llega a ser un proceso engorroso.

7. La proposición fundamental en este contexto es que si un país tiene muchos proyectos en su "cartera" cuyos resultados son mutuamente independientes, el país no tiene porqué preocuparse de la variabilidad del VNA de un proyecto alrededor de su valor esperado, medido, por ejemplo, por la "variancia" de la distribución de probabilidades del VNA. La razón de esto es que si bien muchos proyectos darán como resultado VNA más bajos que los esperados, otros darán como resultado VNA más altos que los esperados, y si los proyectos son pequeños y los resultados no se refuerzan unos a otros, entonces los efectos negativos y positivos tenderán a anularse en gran medida. El grado de riesgo de un proyecto individual, medido, pongamos por caso, por la probabilidad de su fracaso (VNA negativo), no es por sí mismo una consideración pertinente en la selección de proyectos de un país con una cartera grande de inversión. Deberá suponerse que el país es "neutral" o "indiferente" al riesgo. No deberá preferir el riesgo (poseer el instinto del jugador de azar), ni eludirlo, sino preocuparse únicamente de la maximización del valor neto actual esperado del proyecto de que se trate. Este criterio de decisión económica

1/ Véase en el Apéndice A un examen más amplio de estos conceptos.

deberá aplicarse a la selección, preparación y ejecución de proyectos. Dada cualquier propuesta de inversión será conveniente, dentro de lo razonable, buscar y examinar todas las opciones viables que se excluyan mutuamente, como localizaciones diferentes, beneficiarios, estándares de servicio, escalonamiento cronológico, escalas de producción, etc., con el objeto de identificar la opción con el VNA esperado más alto (después de tener debidamente en cuenta el costo de la búsqueda).

8. Ahora bien, las medidas adoptadas para incrementar el VNA esperado pueden incluir disposiciones que reduzcan la posibilidad de fracaso del proyecto, y en ese sentido el criterio de decisión puede vincularse al riesgo. Por ejemplo, en la ilustración numérica del párrafo 4, toda acción que reduzca la probabilidad de la cuantiosa pérdida de \$80 millones también elevará el valor esperado del proyecto. De manera análoga, toda acción que reduzca el monto de la posible pérdida será conveniente, aun cuando no se pueda reducir su probabilidad de ocurrencia. Estos tipos de acciones se pueden identificar en forma más eficaz si las distribuciones de probabilidad de los VNA se examinan con todo cuidado. Así, aun cuando el criterio de decisión económica no se refiere al riesgo, esto no quiere decir que el riesgo no tenga que ver con el desarrollo del proyecto. Por ejemplo, la neutralidad al riesgo no implica necesariamente que el país deba comenzar proyectos innovadores importantes sin poner en práctica primero planes piloto y experimentos de prueba 1/. De todos modos, siempre y cuando un proyecto tenga un VNA esperado satisfactorio, tan alto como sea posible, no deberá rechazarse simplemente porque tiene un riesgo elevado. De otro modo se introduciría un sesgo indebido en contra de los proyectos riesgosos.

9. Las "mejores" estimaciones de las tasas de rendimiento económico, o de los VNA, presentadas en los Informes de la Presidencia y en los Informes del Personal de Proyectos, deben referirse a los valores esperados (medias), y no a los más probables (modos) si hay alguna diferencia. Siempre que sea factible debe evitarse la estimación de las tasas de rendimiento económico y de los VNA hecha sobre una base "conservadora". La introducción de un sesgo conservador o pesimista a través de todo el análisis tiende a "acumularse", lo que da lugar a resultados finales muy pesimistas. La utilización de estimaciones conservadoras puede impedir la identificación de la mejor opción entre las opciones de diseño que se excluyen mutuamente. Además, si el sesgo se utiliza principalmente para proyectos con tasas elevadas de rendimiento, se tiende a distorsionar las comparaciones de los méritos relativos de diferentes proyectos aceptables.

1/ En otras palabras, la neutralidad al riesgo no significa licencia para diseñar proyectos de manera temeraria. Las salvaguardias contra acontecimientos como inundaciones, incendios, derrumbes de infraestructura, accidentes graves, etc., deben justificarse en principio con el criterio del valor neto actual esperado.

10. El criterio del valor esperado examinado arriba no tiene por qué ser válido en todos los casos. En primer lugar, si un proyecto es muy grande en relación con el tamaño de la economía, puede suponer una diferencia significativa para el ingreso nacional, por ejemplo, el descubrimiento y explotación de nuevas minas, campos petrolíferos, etc. Si un proyecto puede incrementar o reducir el ingreso nacional en una proporción del 25%, pongamos por caso, entonces el valor esperado de su VNA tenderá a exponer en demasía su contribución al bienestar nacional porque la pérdida potencial de un déficit se considera más grave que el beneficio de una ganancia inesperada, y el país debe estar dispuesto a aceptar una opción con un VNA esperado más bajo pero más seguro. Ahora bien, esos proyectos tan grandes son sumamente raros, y aun en el caso de que un proyecto aparezca tan grande como se ha indicado arriba, el error introducido por la utilización del valor esperado es probable que sea muy pequeño ^{1/}. En segundo término, si el ingreso nacional de un país fluctúa ampliamente (debido a lluvias inseguras, oscilaciones en los precios de productos primarios, etc.), un determinado incremento en el ingreso será más valioso cuando el ingreso nacional es más bajo que cuando es elevado. Por consiguiente, un proyecto que se desempeña mejor en épocas difíciles (digamos, riego en años de escasas lluvias) puede ser preferible a otro que se desempeña mejor en épocas buenas (digamos, fertilizantes en años de buenas lluvias), aun cuando se espera que este último tenga un VNA más elevado. En esencia, este problema demanda que se apliquen ponderaciones apropiadas al evaluar los beneficios y los costos a diferentes niveles de ingreso nacional.

11. En tercer lugar, aunque la mayoría de los proyectos son pequeños cuando se comparan con el ingreso nacional del país, muchos son grandes con respecto a una región, o grupo de gente determinado. Por consiguiente, si bien resultados mejores o peores de los esperados pueden neutralizarse entre sí en relación con el país en conjunto, es improbable que tengan ese efecto en el caso de beneficiarios particulares. A menos que al país le sea por entero indiferente dónde se deja sentir con más fuerza el efecto del proyecto, esto debe tenerse en cuenta. Si las ponderaciones apropiadas de distribución no se reflejan al medir los costos y beneficios, como ocurre en la práctica corriente, entonces la regla del valor esperado no reflejaría en forma adecuada el hecho de que el país muy bien puede preferir tener un proyecto "seguro" con un VNA más bajo a otro con un VNA esperado más elevado combinado con riesgos de angustia para gente relativamente pobre.

12. Es característico que cuando se elabora y diseña un proyecto se consideren muchas medidas para evitar riesgos. La regla teóricamente correcta consiste en incorporar esas medidas mientras su costo no sea mayor que el incremento en el valor neto actual esperado del proyecto. Ahora bien, en la práctica la aplicación de esa regla se complica en razón de las consideraciones de desigualdad en el ingreso antes examinado y de

^{1/} Véase el Apéndice B: Referencia No. 2, págs. 318-19, y No. 3, págs. 112-13.

factores "no cuantificables", como las pérdidas de vidas debidas a varios riesgos físicos, daños ambientales, etc. Estas últimas inquietudes se expresan con mucha frecuencia en términos de algunos estándares fijos o normas de "seguridad". Las medidas y regulaciones protectoras especiales que se introducen deben reflejar entonces los medios de "costo mínimo" de cumplir con esos estándares.

13. Al informar de la tasa de rendimiento esperada del proyecto, tal como se haya diseñado finalmente, deben indicarse los riesgos especiales que pueden entrar en juego y los costos, si los hubiere, de las medidas adoptadas para reducir o eliminar las posibilidades de su ocurrencia. Esto debe complementarse siempre mediante una valoración, aunque sólo sea en términos cualitativos, del grado de incertidumbre que acompaña a la tasa de rendimiento esperada y la probabilidad de fracaso del proyecto.

14. Si bien el análisis de los riesgos involucrados es particularmente aconsejable durante las fases formativas de un proyecto, la información sobre el grado de riesgo, incluso en las fases finales, ayuda a proporcionar un cotejo de hasta qué punto se ha preparado bien el proyecto (por comparación con proyectos de tipo similar, por ejemplo). Los datos no fiables acerca de variables importantes, o un trabajo inadecuado de preparación, tenderán a hacer que el proyecto resulte riesgoso. Además, aun en el caso de que el país fuera normalmente neutral a la condición de riesgo de proyectos individuales, por las razones y con las reservas expuestas antes, las fuentes externas de financiamiento pueden tener aversión al riesgo, lo cual puede ser una consideración especialmente importante en el caso de "cofinanciamiento" por donantes múltiples.

III. El análisis de sensibilidad

15. El análisis de sensibilidad consiste en examinar los efectos de variaciones en variables seleccionados de costos y beneficios, en la tasa de rendimiento del proyecto, o en el valor neto actual. Este análisis es primordialmente un método de identificar las variables que ejercen más influencia en los beneficios netos del proyecto y el alcance de su influencia. El análisis puede ayudar a identificar opciones de diseño que necesitan considerarse en detalle y la información adicional que debería buscarse con respecto a algunas variables, y también puede contribuir a transmitir cierta idea del riesgo del proyecto. Los ensayos de sensibilidad tienen más probabilidades de resultar eficaces en las fases formativas y deben ser parte normal del análisis económico del proyecto.

16. El análisis de sensibilidad no tiene en cuenta la incertidumbre por sí mismo, pero de todos modos debe preceder al análisis del riesgo. En casos sencillos la variabilidad de la tasa de rendimiento del proyecto reflejará en gran medida la influencia de dos o tres variables. En tales casos las evaluaciones de probabilidad en lo que se refiere a esas variables podrían proporcionar una base adecuada para juzgar el riesgo de fracaso del proyecto, evitándose así la necesidad de proceder a un análisis

más detallado de riesgo cuantitativo. Incluso en casos más complejos el análisis de sensibilidad puede facilitar en ocasiones el análisis de riesgo mediante la identificación de las variables con respecto a las cuales deben especificarse las distribuciones de probabilidad.

17. El método preferido de análisis de sensibilidad se expresa en términos del "valor de aceptabilidad", y debe ser adoptado progresivamente en la práctica del Banco. El valor de aceptabilidad de una variable es aquel al que el valor neto actual del proyecto se convierte en cero (o en que la tasa de rendimiento es igual al costo económico de oportunidad del capital). Por ejemplo, el valor de aceptabilidad del rendimiento por acre en un proyecto agrícola sería su valor más bajo, ceteris paribus, al cual el proyecto sigue siendo aceptable. Tal valor de aceptabilidad puede ser muy útil para juzgar qué variables son de importancia crítica para el proyecto. Los valores de aceptabilidad o equilibrio de las variables relativamente más importantes se pueden presentar en un cuadro como el que se muestra a continuación, en que las variables están ordenadas en orden de sensibilidad decreciente.

Valores de aceptabilidad de variables críticas

<u>Variable</u>	<u>Valor de aceptabilidad /a</u>
Rendimiento por acre	-25%
Costos de construcción	+40%
Zona regada por cada bomba	-50%
Factor estándar de conversión /b	+60%

En este ejemplo la variable más crítica es claramente el rendimiento que ha de obtenerse por acre, una reducción de más del 25% hará, si las demás cosas se mantienen según se espera, que el valor neto actual sea negativo. Si la experiencia indica que el rendimiento puede ser con toda facilidad mucho menor del esperado debido, pongamos por caso, a los deficientes servicios de extensión, entonces este proyecto parecerá ser muy riesgoso a menos que se puedan adoptar algunas medidas para evitar esa deficiencia. El valor de proyecto también es sensible a los costos de construcción, pero puede considerarse que es muy improbable que haya un aumento del 40% en esos costos (en términos reales) si los elementos técnicos para el proyecto son avanzados. El cuadro también indica que el VNA del proyecto no es, por sí mismo, sensible al factor estándar de conversión y, por

/a Es el cambio porcentual que reduce el valor neto actual a cero al costo de oportunidad del capital (o la tasa de rendimiento económico al costo de oportunidad del capital).

/b O el tipo de cambio oficial dividido entre el tipo de cambio de cuenta.

consiguiente, estimaciones un tanto imprecisas de ese parámetro pudieran bastar en este caso particular. Sería útil establecer una distinción entre factores que están fuera por completo del control externo, como la precipitación pluvial y los precios del mercado mundial, y factores que pueden ser controlados total o parcialmente por medidas adecuadas, como cronogramas de ejecución, calidad de los servicios de extensión, etc. Además, los valores de aceptabilidad del factor estándar de conversión (u otros factores de conversión importantes) y los salarios de cuenta siempre se deben mostrar por separado.

18. Los tests de sensibilidad no dejan de ofrecer problemas. A menudo la correlación entre las variables plantea graves dificultades. La técnica usual de modificar una variable por vez, manteniendo constantes las demás a sus valores esperados, se justifica sólo si las variables en cuestión no están correlacionadas en grado significativo, de otro modo las variables relacionadas deben modificarse conjuntamente. En el ejemplo anterior, los resultados referentes a la influencia de la "zona regada por cada bomba" inducirán a error si los cambios en ese factor también afectan al "rendimiento por acre" obtenido. Además, el análisis de sensibilidad tal vez no identifique cualquier variable que, por sí misma, afecte en grado significativo al resultado global, aun cuando se sometiera a prueba una larga lista de variables. Esto no quiere decir necesariamente que el proyecto en cuestión no sea riesgoso toda vez que pasa por alto los efectos de posibles variaciones conjuntas. En tales casos debe examinarse la sensibilidad del resultado a los cambios en combinaciones de variables que se espera que se modifiquen juntas, por ejemplo, ingresos, en lugar del precio y la cantidad por separado. De todos modos, cuanto mayor sea el grado de agregación menor es la utilidad de la información proporcionada por los tests.

19. Algunas formas de presentación de los tests de sensibilidad no son muy útiles y deben evitarse. Comúnmente se presenta de la siguiente manera:

Tasa de rendimiento económico y análisis de sensibilidad

Porcentaje de las estimaciones originales

<u>Costos</u>	<u>Beneficios</u>	<u>Tasa de rendimiento</u>
100	100	30
100	90	25
100	80	20
110	100	27
120	100	22
120	80	16

Esta forma de presentación tiene varias deficiencias: i) no identifica las variables que más afectan a la variación de la tasa de rendimiento; ii) no identifica las fuentes o tipos de incertidumbre que entran en juego, por ejemplo, el grado en que el riesgo se debe a factores que, en parte, por lo menos, se pueden controlar, como los costos de construcción y los cronogramas de ejecución; iii) debido a su tendencia a la agregación, es difícil juzgar afirmaciones tales como que el proyecto tiene una "posibilidad elevada de éxito", o que "es muy improbable que se produzcan cambios simultáneos adversos del 20% tanto en los costos como en los beneficios". Cambios simultáneos de esa magnitud pudieran ser bastante probables según la índole de las estimaciones básicas y las circunstancias del caso.

20. Otra forma común de presentación se ilustra a continuación:

Análisis de sensibilidad de la tasa de rendimiento económico

Precios económicos del producto	Tasa de rendimiento económico				
	-20%	-10%	Caso Base	+10%	+20%
Costos:					
Costo base	9,7	13,5	17,0	20,0	22,9
Costos de capital baja del 10%	11,2	15,3	18,9	22,1	25,1
Costos de capital alza del 10%	8,3	12,0	15,3	18,3	21,0
Costos de operación baja del 10%	11,4	15,1	18,4	21,3	24,1
Costos de operación alza del 10%	7,8	11,9	15,5	18,8	21,7
Utilización de la capacidad baja del 10%	7,5	11,3	14,6	17,6	20,4
Demora de la terminación (un semestre)	9,1	12,6	15,8	18,6	21,1
Caso base sin el tipo de cambio de cuenta	5,0	8,7	12,2	15,3	18,1
Tasa de crecimiento de la producción					
Demanda en el nordeste baja del 50%	9,2	13,0	16,5	19,6	22,4

Este formato presenta mucho mayor detalle, pero no obstante tampoco transmite en forma eficaz el juicio de los analistas acerca del riesgo del proyecto o bien de los cambios que pueden ser convenientes en el proyecto. A primera vista sólo tiene éxito en cuanto a resaltar la importancia del tipo de cambio de cuenta para el proyecto. Sin embargo, la experiencia adquirida indica que las relaciones entre la tasa de rendimiento económico y los cambios en algunas variables individuales a menudo son aproximadamente lineales, de modo que de las extrapolaciones de los resultados de variaciones de ± 10 o del 20% se pueden obtener aproximaciones razonables de los valores de aceptabilidad (según se ilustra en el párrafo 17 anterior). De todos modos es preferible no atenerse a esas extrapolaciones ya que la forma de la relación bien puede depender de la variable en cuestión y de la forma de su modificación, y los supuestos automáticos de linealidad pueden inducir a errores graves.

IV. El análisis de riesgo

21. El análisis de riesgo entraña la estimación de la distribución de probabilidad del VNA (o de la tasa de rendimiento económico) de un proyecto, con sus parámetros como el valor esperado y la variancia. La probabilidad de que el VNA sea negativo (o de que la tasa de rendimiento económico esté por debajo del costo de oportunidad del capital) es una indicación directa del riesgo de fracaso del proyecto. Así, pues, el análisis de riesgo debe facilitar la aplicación sistemática del criterio de inversión, incluida la identificación de cualesquiera cambios introducidos en el diseño, en las reglas de operación, o bien de otras medidas que incrementen el VNA esperado. Ese análisis debe indicar la probabilidad de afrontar riesgos, como se examinó en la Sección II, y ayudar a planificar esquemas de protección contra tales riesgos. Está claro que la utilidad del análisis será mayor si se lleva a cabo durante la elaboración del proyecto 1/.

22. La distribución del VNA resultante del análisis de riesgo se fundamenta en juicios acerca de las distribuciones de probabilidad de los beneficios y costos anuales, las que a su vez se basan en juicios sobre las distribuciones de los varios elementos básicos que determinan los costos y beneficios. A continuación se indican algunas consideraciones importantes relativas a este proceso:

- i) El proceso comienza usualmente con tests de sensibilidad (examinados en la sección anterior) con objeto de aislar los precios, cantidades y otros elementos individuales que es probable que afecten materialmente al resultado global ya sea debido a su influencia individual o conjunta. Usualmente no es necesario considerar un gran número de variables. Muchas pueden considerarse fijas a los efectos del análisis debido a que, a priori, su significación puede juzgarse que es demasiado pequeña. Por otra parte, incluso una variable potencialmente significativa se puede considerar fija si su escala de modificación se juzga que es pequeña, digamos menos de +10% de su valor esperado;

1/ Hay muchos otros tipos de aplicaciones de análisis de probabilidad que se hacen, o deben hacerse, durante la elaboración del proyecto, por ejemplo, modelos de espera para puertos marítimos. En esta Nota sólo se trata de la generación de la distribución de probabilidad del VNA, o de la tasa de rendimiento, la que en sí misma puede, por supuesto, estar basada en parte en tales aplicaciones.

- ii) La especificación de la distribución de probabilidad con respecto a una variable seleccionada puede estar fundamentada en varias fuentes. Por ejemplo, puede haber una muestra amplia de observaciones pasadas que permite "ajustes" contra distribuciones supuestas de probabilidad, o puede haber pruebas de índole más cualitativa y subjetiva. En este contexto pueden ser valiosos los juicios subjetivos de ingenieros experimentados, analistas financieros y otros técnicos. Las distribuciones uniformes (probabilidad igual para todos los valores dentro de una escala) son las más convenientes para iniciar el proceso de especificación, y a menudo se prefiere su uso a menos que haya información adicional. La elección de las distribuciones de probabilidad es una cuestión importante por sí misma 1/;

- iii) Junto con las distribuciones de probabilidad de variables individuales debe procederse con cuidado especial al especificar covariancias entre las variables. Este es un problema serio en la práctica, ya que puede dar lugar a grandes errores al juzgar el riesgo. En el estudio del caso de un puerto, se estimó que el riesgo de fracaso del proyecto era de alrededor del 15%, cuando se trataban en forma independiente dos variables importantes, la productividad de la mano de obra y la capacidad del puerto, y de alrededor del 40% cuando se introdujo en el análisis su correlación positiva 2/. También son posibles los efectos opuestos, por ejemplo, si las utilidades de la operación de un proyecto varían en forma directa con la producción y en forma inversa con su precio, y si la producción y el precio guardan una correlación negativa, entonces el descuidar esa correlación hará que se sobrestime el riesgo de fracaso (toda vez que un volumen demasiado pequeño de producción será compensado en parte por un precio más elevado y viceversa);

- iv) El procedimiento más sencillo en la práctica para combinar las diversas distribuciones de probabilidad es utilizar la técnica de simulación según la cual de las distribuciones se extraen al azar conjuntos de valores a fin de generar una muestra de valores netos actuales (o tasas de rendimiento) que sea lo bastante grande como para producir una aproximación aceptable de la "verdadera" distribución de probabilidad de los valores netos actuales. La exactitud

1/ Véase el Apéndice B: Referencia No. 2, Sección 15.3, págs. 311-13, y Referencia No. 4, Capítulo III, en especial págs. 53-54.

2/ Véase el Apéndice B: Referencia No. 4, págs. 46-47.

del valor esperado resultante de la distribución del VNA y del riesgo de fracaso estimado correspondiente al proyecto dependerá, por supuesto, de la exactitud de las diversas distribuciones individuales especificadas inicialmente: la importancia del tamaño de la muestra en este contexto consiste en evitar la introducción de cualquier sesgo en todo el proceso de agregación per se de las diversas distribuciones especificadas inicialmente. Debe señalarse que el riesgo de fracaso del proyecto no se debe omitir simplemente de la distribución acumulativa del VNA a menos que el tamaño elegido de la muestra sea demasiado grande. Estrictamente hablando, para formular inferencias acerca del riesgo del proyecto basadas en la muestra deben aplicarse procedimientos apropiados exentos del elemento distribución. Por otra parte, pueden utilizarse procedimientos estadísticos especiales a fin de determinar cuál debe ser la magnitud del tamaño de la muestra con objeto de llegar a un nivel dado de confianza acerca de la afirmación de probabilidad con respecto al riesgo del proyecto.

23. El procedimiento de simulación es usualmente el único viable en la práctica ya que la simple álgebra a menudo no basta para calcular ni aun el valor esperado de la distribución del VNA, a menos que este último guarde una relación lineal con los valores esperados de todos los demás costos y beneficios constituyentes. Por ejemplo, si se conocen los valores esperados de los costos y beneficios anuales, el valor esperado del VNA se puede obtener sin mayores problemas sólo si la tasa de actualización de cuenta (o el costo de oportunidad del capital) se trata como una constante. Si, no obstante, la tasa de actualización de cuenta se trata como una variable aleatoria, entonces el valor esperado de la tasa de actualización en la fórmula de actualización no producirá el valor esperado del VNA. El valor esperado del VNA con respecto a cada posible valor de la tasa de actualización de cuenta necesitará entonces ser computado y finalmente la suma de ellos, ponderada por las frecuencias de los diferentes valores de la tasa de actualización de cuenta, tendrá que calcularse. En el caso de la tasa de rendimiento económico, los comportamientos no lineales son todavía más importantes. Incluso si se conocen los valores esperados de los costos y beneficios anuales, la tasa de rentabilidad interna computada sobre esa base no será el valor esperado de su distribución 1/.

1/ Véase en el Apéndice A un examen más amplio. En contra de la creencia bastante común, la utilización de los valores más probables (modos) de los costos y beneficios anuales no da necesariamente por resultado el valor más probable del VNA o de la tasa de rendimiento.

24. El análisis de riesgo puede exigir a menudo la elaboración o adaptación de programas de computadora, además de conocimientos especiales y experiencia. Estos esfuerzos, y sus costos, no se justifican si bastan métodos más sencillos. Tendría poco sentido el recurrir al análisis de riesgo si: a) el proyecto tiene un valor neto actual, o tasa de rendimiento, muy elevado, de modo que su valor esperado es probable que esté bien por encima del nivel de corte, y si sigue siendo superior con toda claridad a opciones que se excluyen mutuamente incluso si se utiliza un VNA conservador para el proyecto; b) predominan las fluctuaciones en una o dos variables y los simples tests de sensibilidad proporcionarán, por consiguiente, una buena base para formular juicios sobre el riesgo (véase la Sección III anterior) y c) los cambios deseables en un proyecto para reducir los riesgos o para asegurarlo contra peligros especiales, si los hubiere, son obvios. Si bien el análisis de riesgo no debe utilizarse en aquellos casos en que bastan métodos más sencillos, no cabe duda de que su aplicación en la práctica del Banco podría expandirse con provecho sobre los insignificantes niveles recientes (una media docena de casos en los tres últimos años). Aunque es difícil generalizar siguiendo líneas sectoriales, el análisis de riesgo sería tal vez sumamente fructífero en proyectos de desarrollo agrícola y rural, en especial en los que entrañan un grado elevado de incertidumbre con respecto a parámetros como tasas de participación de beneficiarios potenciales, rendimientos obtenidos por acre, etc.

25. Al presentar los resultados del análisis de riesgo, deben indicarse las distribuciones de probabilidad básicas de los varios componentes de costos y beneficios, junto con las salvedades necesarias acerca de los resultados y cualesquiera dificultades especiales que se hayan encontrado. Por ejemplo, si la especificación de la correlación entre las variables x e y es una cuestión seria, entonces los resultados podrían presentarse siguiendo estos lineamientos: "la tasa de rendimiento se encuentra por debajo del nivel aceptable en alrededor del 20% de los resultados posibles. Esta evaluación, sin embargo, es particularmente sensible al grado de correlación supuesta entre las variables x e y , y el riesgo de fracaso se incrementaría a alrededor del 40% en caso de que se traten como si estuviesen perfectamente correlacionadas..." La presentación debería evitar una "precisión espuria". El empleo de probabilidades numéricas es simplemente un medio de expresar las incertidumbres que rodean al proyecto a juicio de los analistas. Es posible que sus juicios de probabilidad sean superiores a los de otros que no intervienen directamente en el proyecto. Además, la acumulación de datos correspondientes a proyectos anteriores, como los disponibles en el Departamento de Evaluación de Operaciones, debe mejorar en forma gradual la base para la formulación de los juicios de probabilidad utilizados en el análisis de proyectos.

V. Resumen

26. A seguido se presenta un resumen del examen precedente:

- i) Debido a la incertidumbre que acompaña a los acontecimientos futuros el valor neto actual (VNA) de un proyecto (o su tasa de rendimiento) puede variar usualmente en una amplia escala. El criterio correcto de decisión económica en este caso es aceptar un proyecto si el valor esperado de su VNA no es negativo y si por lo menos es tan elevado como el de otras opciones al proyecto que se excluyen mutuamente. El valor esperado no es necesariamente el mismo que el de valor más probable, que en ocasiones se utiliza erróneamente por quienes preparan los datos primarios del proyecto. Las "mejores" estimaciones de las tasas de rendimiento económico, o de los VNA, mencionadas en los Informes de la Presidencia y en los Informes del Personal de Proyectos, deben remitirse a los valores esperados (párrafos 5, 6, 9).
- ii) La utilización del criterio del valor esperado implica que el país respectivo sólo se interesa en maximizar el VNA esperado del proyecto y es neutral al riesgo: se define el riesgo en este contexto como la probabilidad de que un proyecto tenga un valor neto actual negativo o, en forma equivalente, la probabilidad de que su tasa de rendimiento esté por debajo del costo de oportunidad del capital. En algunos casos el criterio no será válido a menos que la valoración de los costos y beneficios refleje en forma apropiada consideraciones de desigualdad del ingreso y de la pobreza, y/u otros riesgos físicos y ambientales (párrafos 7-8, 11-12).
- iii) El análisis de sensibilidad, que se lleva a cabo en forma habitual en los Informes del Personal de Proyectos, puede ayudar potencialmente al diseño del proyecto, indicar los efectos de imprecisiones en los datos y contribuir a transmitir el juicio de los analistas con respecto al riesgo del proyecto. Resulta menos útil, sin embargo, cuando ninguna variable tiende a afectar significativamente al proyecto por sí misma y, por consiguiente, no se pueden aislar individualmente los factores críticos, o cuando las variables son mutuamente interdependientes de suerte que no deben modificarse una cada vez (párrafos 15, 16 y 18).
- iv) El juicio de los analistas acerca del riesgo del proyecto debe expresarse con la mayor claridad posible. A este propósito puede resultar muy eficaz en ocasiones hacer una presentación de los resultados del análisis de sensibilidad en términos del "valor de aceptabilidad" de variables críticas. También debe hacerse una distinción entre las

variables de acuerdo con el grado de control que se posea sobre ellas. Los efectos de las variaciones en los principales precios de cuenta utilizados en el análisis también deben mostrarse siempre por separado (párrafo 17).

- v) La forma más apropiada de proporcionar información acerca del riesgo es a través del análisis de riesgo cuantitativo fundamentado en las distribuciones de probabilidad de rubros individuales de costos y beneficios. Esas distribuciones pueden inferirse de observaciones pasadas, o en caso de que no se disponga de esas observaciones, las distribuciones se pueden derivar de juicios subjetivos formulados por expertos a los que tengan acceso los miembros del equipo del proyecto (párrafo 22). El análisis de los datos relativos a proyectos pasados, como los acumulados, pongamos por caso, en el Departamento de Evaluación de Operaciones, debe ser útil para mejorar la base de los juicios de probabilidad.
- vi) El análisis del riesgo cuantitativo no siempre es conveniente, pero su uso es a menudo más apropiado de lo que ha sido costumbre hasta ahora (párrafo 24).
- vii) Si se emprende el análisis del riesgo cuantitativo, los resultados deberán examinarse junto con los supuestos básicos y las salvedades necesarias. Las afirmaciones sobre el riesgo siempre deben expresarse con las reservas apropiadas en el sentido de que la utilización de las probabilidades numéricas es simplemente un medio de expresar las incertidumbres que rodean al proyecto a juicio de los analistas (párrafo 25).

Warren C. Baum
Vicepresidente del Servicio de Proyectos

Apéndice

19 de diciembre de 1977

I. Las mejores estimaciones

1. Los valores netos actuales (VNA) y las tasas de rendimiento económico (TRE) de que se da cuenta en los Informes del Personal de Proyectos se mencionan a menudo como las "mejores estimaciones". A veces se considera que éstas significan valores "esperados", y en ocasiones se interpretan como los "valores más probables". Sin embargo, los valores esperados y los más probables de una variable (la media y el modo) con frecuencia pueden ser diferentes. Por ejemplo, considérese una variable (ingreso) con la siguiente distribución de probabilidad:

Ingreso	10	15	20
Probabilidad	10%	60%	30%

El valor más probable (o modo) es 15 y el valor esperado 16.

2. Cuando una variable es una combinación lineal de algunas otras, su valor esperado es también una combinación lineal de los otros valores esperados, pero el valor más probable no lo es. Por ejemplo, considérese una variable Beneficio = Ingreso - Costo, en que el ingreso es como se define arriba y el costo es:

Costo	8	13	16
Probabilidad	30%	40%	30%

Aquí el valor más probable es 13, el valor esperado es 12,4. La nueva variable, Beneficio, tendrá la siguiente distribución:

Beneficio	-6	-3	-1	2	4	7	12
Probabilidad	3%	4%	18%	27%	9%	30%	9%

El valor esperado es 3,6 y por lo tanto es igual a la diferencia entre los valores esperados de Ingresos y Costos. Sin embargo, el valor más probable es 7, que no es igual a la diferencia entre los dos valores más probables. Por consiguiente, la utilización de los valores más probables como las "mejores estimaciones", a menos que coincidan con las medias, no producirá resultados válidos.

Cómo obtener valores esperados

3. El estimar el valor esperado del VNA es una operación sencilla si todos los rubros de costos y beneficios comprenden variables relacionadas linealmente entre sí. Ahora bien, si la relación entre las variables no es lineal, la utilización de los valores esperados correspondientes a cada variable no resolverá el problema. Por ejemplo, si $y = a x + b x^2$, en que a y b son parámetros fijos, tenemos $E(Y) = a E(x) + b E(x^2)$. Pero $E(x^2)$ no es igual a $[E(x)]^2$ y por lo tanto será necesario computar el valor esperado de la nueva variable x^2 .

4. Si los valores esperados de los beneficios netos anuales se estiman correctamente, el método usual de actualización también producirá el valor esperado del valor neto actual (VNA). Esto no se aplica, sin embargo, a la tasa de rendimiento. Considérese, por razones de sencillez, un proyecto con la siguiente corriente de beneficios netos actuales: B_0 , B_1 , B_2 . Si damos por supuesto que la tasa de actualización, i , es una constante

$$\begin{aligned} E(\text{VNA}) &= E \left[B_0 + (1+i)^{-1} B_1 + (1+i)^{-2} B_2 \right] \\ &= E(B_0) + (1+i)^{-1} E(B_1) + (1+i)^{-2} E(B_2) \end{aligned}$$

Por consiguiente, podemos aplicar el análisis convencional a los valores esperados de los beneficios netos. De todos modos, si la tasa de actualización es también una variable aleatoria, la sustitución de su valor esperado en la formula anterior no dará el valor neto actual esperado. El método correcto será obtener el VNA correspondiente a cada posible valor de la tasa de actualización y sus probabilidades correspondientes. El $E(\text{VNA})$ será entonces el promedio ponderado.

5. La tasa de rendimiento (r) del proyecto es tal que

$$B_0 + (1+r)^{-1} B_1 + (1+r)^{-2} B_2 = 0$$

y, por lo tanto, incluso si en el análisis se utilizan los valores esperados de cada beneficio neto, esto no producirá el valor esperado de la tasa de rendimiento.

Obras de referencia

1. Squire, L. y van der Tak, H.G., Análisis Económico de Proyectos. Editorial Tecnos, Madrid, 1977.
2. Little, I.M.D. y Mirrlees, J.A., Project Appraisal and Planning for Developing Countries. Heinemann Educational Books Limited, Londres, 1974.
3. ONUDI, Pautas para la Evaluación de Proyectos. Serie de formulación y evaluación de proyectos, No. 2. Naciones Unidas, Nueva York, 1972.
4. Pouliquen, L.Y., Risk Analysis in Project Appraisal. Serie de Estudios del Personal del Banco Mundial, No. 10. Washington, D.C., Banco Mundial, 1970.
6. CB PACK (Programa de computadora).
7. Algunas aplicaciones recientes del análisis de riesgo en los informes del Banco Mundial
 - 151a - UAR Appraisal of Cotton Ginning Rehabilitation Project (Egipto), junio de 1973.
 - 569 - IN Appraisal of Sindri Fertilizer Project (India), noviembre de 1974.
 - 608 - EGT Appraisal of Tourah Cement Expansion Project (Egipto), enero de 1975.
 - 856 - BR Appraisal of a Third Railway Project (Brasil) septiembre de 1975.
 - 1266 - SE Appraisal of the Petite Côte Tourism Project (Senegal), abril de 1977.

1. Hay tres tipos de análisis de sensibilidad que normalmente deben considerarse con respecto a la selección de variables que se van a someter a prueba y en cuanto al detalle con que se van a especificar. Son los siguientes:

- Costos y beneficios agregados: El análisis de sensibilidad sencillo de los efectos de las variaciones en los costos y beneficios totales del proyecto a menudo es útil para indicar la influencia conjunta de variables subyacentes, y se lleva a cabo en casi todos los casos. Ahora bien, salvo en casos especiales, este tipo de análisis agregado no ayuda, por sí mismo, a formular juicios acerca de la escala de la variación probable, o con respecto a las medidas específicas que pudieran reducir los riesgos del proyecto;
- Rubro de costos y beneficios críticos: Los tests de sensibilidad suelen ser sumamente eficaces si los costos y beneficios se desagregan con cierto detalle. Si bien la utilización de subagregados (como los "costos de inversión", los "costos de operación", etc.) es provechosa, el análisis de sensibilidad se hace mejor con respecto a parámetros individuales que son sumamente críticos para el proyecto. En lo que se refiere a los beneficios, es característico que el análisis de sensibilidad detallado incluya parámetros como los precios de producción o niveles de tarifas, economías en los costos unitarios, y tasa esperada de crecimiento en la demanda de productos del proyecto. En lo atinente a los costos es característico que ese análisis comprenda coeficientes de productividad y precios de los principales insumos. En el análisis de sensibilidad deben someterse a prueba normalmente los precios de cuenta utilizados en el análisis económico;
- Los efectos de las demoras: En los proyectos pueden ocurrir varios tipos de demoras, por ejemplo, demoras en la iniciación del proyecto, demoras durante la fase de construcción, demoras en cuanto a llegar a la utilización de la capacidad máxima (como en los proyectos industriales), o en cuanto a alcanzar el pleno desarrollo (como en los

proyectos agrícolas). En los tests de sensibilidad es importante normalmente incluir los factores pertinentes de la demora 1/.

2. Si bien es probable que estos tipos de análisis sean provechosos en la mayoría de los casos, el grado de detalle deseable en los tests de sensibilidad puede variar considerablemente de un caso a otro. El análisis de las demoras es normal que se lleve a cabo en términos de los efectos que ejercen en el valor neto actual o en la tasa de rendimiento las demoras de intervalos especificados, por ejemplo, un año, aunque en ocasiones puede resultar útil el cálculo de la demora permisible máxima (es decir, su valor de aceptabilidad). Sin embargo, el método del valor de aceptabilidad es la forma preferida de análisis para otras variables, en especial para el análisis detallado de los rubros de costos y beneficios críticos.

1/ El análisis de estos factores es similar al análisis del factor temporal y el escalonamiento cronológico óptimos del proyecto, que en ocasiones es una parte importante del análisis económico de proyectos. El último tipo de análisis, sin embargo, se concentra en la selección del plan óptimo, en tanto que el análisis de las demoras se refiere a las que pueden ocurrir en cualquier plan determinado.

9 de junio de 1980.

