



ANÁLISIS DE RIESGO DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA DEL SECTOR SANEAMIENTO: CASO PROYECTO TINICACHI – YUNGUYO

THE PUBLIC INVESTMENT IN THE SANITATION SECTOR PROJECT RISK ANALYSIS: CASE PROJECT TINICACHI – YUNGUYO

Omar Moises Rodriguez Limachi¹, Juan Walter Tudela Mamani

Universidad Nacional del Altiplano, Maestría en Economía con mención en Planificación y gestión Pública, Av. Sesquicentenario N° 1154, Ciudad Universitaria, Puno, Perú, omak_5@hotmail.com, jwtudela@yahoo.es

RESUMEN

Esta investigación apoya (complementa) a algunas escasas investigaciones que han ayudado a la incorporación del riesgo en los proyectos de inversión pública formulados y evaluados en el marco del sistema nacional de inversión pública en Latinoamérica y el caribe, y en el actual sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones del Perú Invierte.pe. El objetivo de esta investigación es presentar una metodología que nos permita medir e incorporar el riesgo en la evaluación de proyectos de inversión pública. Para lo cual se ha utilizado el método de simulación de Montecarlo puesto que incorpora la probabilidad de ocurrencia en las variables aleatorias y en los indicadores de rentabilidad social del proyecto de inversión. Dentro de los resultados se puede apreciar que para el proyecto de inversión pública de agua potable la probabilidad de que el VANS sea menor que cero [$p(\text{VANS} < 0)$] es de 0.00%, consecuentemente la probabilidad de viabilidad del proyecto de inversión pública es de 100.00%; y la probabilidad de que la TIRS sea mayor que la tasa social de descuento [$p(\text{TIRS} > 9\%)$] es del 100.00%, este resultado evidencia que existe una elevada probabilidad de que el proyecto de inversión pública es rentable económicamente. El análisis de sensibilidad muestra que la variable crítica inversión es la que más impacta en el VANS con un -87.3%, la variable crítica beneficios sociales afecta en un 12.7% sobre el VANS, y la variable crítica costos de operación y mantenimiento no afecta en los resultados del VANS.

Palabras clave: Evaluación social, incorporación, probabilidad, proyecto de inversión pública, y riesgo.

ABSTRACT

This research supports (complements) some few investigations that have helped the incorporation of risk in public investment projects formulated and evaluated within the framework of the national system of public investment in Latin America and the Caribbean, and the current national system of multi-annual programming and the Peru investment management Invierte.pe. The objective of this study is to present a methodology that allows us to measure and incorporate the risk in the evaluation of public investment projects. It has been used the method of Montecarlo simulation since incorporating the probability of occurrence in the random variables and indicators of social profitability of the investment project. Within the results you can see that you for the public investment project of drinking water the probability that the VANS would be less than zero. [$p(\text{VANS} < 0)$] is of 0.00%, as a result the probability of viability of the public investment project is of 100.00%; and the probability that the TIRS is greater than the social rate of discount [$p(\text{TIRS} > 9\%)$] is of the 100.00%, This result demonstrates that there is a high probability that the public investment project is economically profitable. he sensitivity analysis shows that the critical variable investment is which has more impact on the VANS with a -87.3%, the critical variable affects social benefits in a 12.7% on the VANS, and the critical variable operation and maintenance costs does not affect the results of the VANS.

Keywords: Social assessment, incorporation, probability, public investment, and risk project.

*Autor para Correspondencia: omak_5@hotmail.com





INTRODUCCIÓN

En la actualidad en América Latina y el Caribe solo los países de Uruguay, y México consideraron el análisis de riesgo e incertidumbre en la formulación y evaluación de proyectos de inversión pública (Candia *et al.*, 2015). En el Perú se creó el sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones Invierte.pe. Como sistema administrativo del estado, con la finalidad de orientar el uso de los recursos públicos destinados a la inversión para la efectiva prestación de servicios y la provisión de la infraestructura necesaria para el desarrollo del país. La formulación de proyectos de inversión se realiza a través de una ficha técnica, y solo en caso de los proyectos que tengan alta complejidad se requerirá el nivel de estudio que sustente la concepción técnica y el dimensionamiento del proyecto (MEF-DGPMI-DL, 2017). En esta situación, según el contenido mínimo del estudio de preinversión, en un proyecto de inversión de debe identificar los peligros que pueden afectar a la unidad productora de bienes y/o servicios (UP), si existe, y al proyecto, así como las dimensiones ambientales que se esté afectando o se pudiera afectar. Se analiza y evalúa la exposición y vulnerabilidad de la UP frente a los peligros identificados en el diagnóstico del área de estudio, así como los efectos del cambio climático asociados con la gestión del riesgo (MEF-DGPMI-CONTENIDO, 2017).

En la literatura de proyectos y en particular en los manuales y guías metodológicas del Invierte.pe. No se tiene claramente explicitada la metodología a seguir cuando se requiere analizar el riesgo e incertidumbre en el proceso de evaluación de un proyecto de inversión pública. Además al momento de evaluar un proyecto de inversión pública suele existir desconocimiento sobre muchos aspectos relacionados con el proyecto, como por ejemplo: el incremento de costos de operación y mantenimiento, aumentos en los montos de inversión, disminución de beneficios, etc. Todas estas variables pueden afectar los indicadores de rentabilidad (Tudela, 2015).

El riesgo desde la perspectiva de un proyecto de inversión pública es la variabilidad de los indicadores de rentabilidad social del proyecto como son el VANS y la TIRS. Esto significa que a mayor variabilidad de la rentabilidad mayor el riesgo del proyecto (Botteon, 2011). Por ello, seleccionar los proyectos sobre la base del valor actual neto (VAN) o la tasa interna de rentabilidad estimados sin considerar el riesgo asociado con el proyecto y la posible variabilidad de los supuestos sobre los que se basa la evaluación, no sería de mucha utilidad (Beltrán y Cueva, 2005). Para analizar los proyectos de inversión en condiciones de riesgo e incertidumbre, debemos diferenciar los conceptos de riesgo e incertidumbre, mientras que el primero considera que los supuestos de la proyección se basan en probabilidades de ocurrencia que se pueden estimar, el segundo enfrenta una serie de eventos futuros a los que es imposible asignar una probabilidad (Sapag, 2011). Cuando no se tiene certeza sobre los valores que tomarán los flujos netos futuros de una inversión, nos encontramos ante una situación de riesgo o incertidumbre (Beltrán y Cueva, 2005).

Para Botteon (2011), se puede apreciar que hay dos tipos de variables que inciden en los indicadores de rentabilidad; primero las variables ciertas o no aleatorias que se conoce su valor de manera segura y cierta, bajo este supuesto de certeza de los valores que tomarán las variables se evalúa y declara viable el proyecto para su ejecución. Además para introducir riesgo en los proyectos de inversión debemos diferenciar que el método de análisis de sensibilidad no incluye la probabilidad de ocurrencia, en cambio el método de simulación de Montecarlo incluye la probabilidad de ocurrencia en la evaluación social de proyectos de inversión pública. Así mismo, es preciso mencionar que estas dos metodologías se complementan y nos ayudan a que las





decisiones de ejecutar el proyecto sea la más conveniente (Botteon, 2011). Por consiguiente el método de simulación de Montecarlo es la que realiza una mejor aproximación del análisis de riesgo en la evaluación de proyectos de inversión pública (Tudela, 2015). Según Beltrán y Cueva (2005) mencionan que el modelo de simulación de Montecarlo se puede definir como un método de ensayos estadísticos por ser una técnica de simulación de situaciones inciertas que permite definir valores esperados para variables no conocidas. Para Sapag (2011) el modelo de simulación de Montecarlo genera numerosos resultados que puede tomar el VAN del proyecto, si a cada factor que condiciona el flujo de caja se le asigna, aleatoriamente, un valor probable de ocurrencia. Para Palizade (2017) con la simulación de Montecarlo las variables críticas de un proyecto pueden generar diferentes distribuciones de probabilidad los cuales pueden producir diferentes resultados de distribuciones de probabilidad. La simulación de Montecarlo puede incluir todas las combinaciones posibles de las variables que afectan los resultados de un proyecto (Aparacio et al., 2012). Para medir el riesgo necesitamos hallar el coeficiente de variabilidad, el coeficiente de variabilidad es un valor aproximado del riesgo, para Beltrán y Cueva (2005) el coeficiente de variabilidad mide el grado de dispersión por unidad de rendimiento esperado; para Contreras, (2009) el coeficiente de variación (CV) indica cuantas unidades de riesgo (\$ del VAN) se están tomando por cada unidad obtenida del VAN esperado.

Algunos resultados encontrados referidos al análisis de riesgo en proyectos de inversión tenemos: Alvarado y Gálvez (2017) evalúa el proyecto del sector de pequeños hoteles de San Salvador en incertidumbre, pronostica que en un escenario de confiabilidad del 95%, los resultados del pronóstico del VAN probabilístico es de 80%. Por otro lado Huamaní (2017) prioriza alcanzar la cobertura universal del servicio de agua potable, mediante una simulación de Montecarlo se estimó que la probabilidad de que el ratio beneficio/costo sea mayor a uno con un flujo de caja de 10 y 11 años es de 52,3% y 94,3%, respectivamente. Además Zevallos, (2015) evalúa socialmente el proyecto de instalación del sistema de agua potable del distrito de Conduriri, pronostica que el proyecto presenta una probabilidad de rentabilidad del 97.99% ($VAN > 0$), mientras que la probabilidad de obtener un VAN negativo es de 2.01%. También Tudela (2015) expone una metodología para la evaluación social de un proyecto de inversión pública que incorpora el componente riesgo e incertidumbre, obtiene que la probabilidad de no viabilidad del proyecto de inversión pública para que el VAN sea menor que cero [$p(VAN < 0)$] es del 19.7%, esta probabilidad también se conoce como la probabilidad de no viabilidad y por consiguiente la probabilidad de viabilidad en este caso sería 80.93%. Así mismo Toro *et al.*, (2015) evalúa proyectos de inversión bajo condiciones de riesgo en instituciones de educación superior, muestra que existe un 66% de probabilidad de que la institución de educación superior tenga VPN mayor a cero. Proeva (2013) introduce técnicas usuales para el manejo de la incertidumbre en la evaluación de proyectos de inversión, muestra el perfil de riesgo/rentabilidad del proyecto de inversión el cual el valor promedio del VAN ($r=12\%$) del proyecto es \$6,396 y la probabilidad de obtener un $VAN > 0$ es 90%.

Así mismo Guigui (2012) evalúa proyectos de inversión dentro de un ámbito de riesgo, para lo cual se efectuó una simulación Montecarlo en Crystal Ball, para cada uno de los proyectos con 1'000,000 iteraciones, tomando como base el flujo libre de caja, por lo que la $P(VPN > 0)$ del proyecto de producción de pantalones de mezclilla es de 78.65%, y la $P(VPN > 0)$ del proyecto de producción de lingotes en base a zinc y aluminio es de 75.85%. Castro (2011) identifica los riesgos financieros en un proyecto de inversión en el sector de la administración aeroportuaria, se puede observar que con el modelo aleatorio existe un 100% de probabilidad de que el VAN sea positivo,





y que la probabilidad de que el VAN sea mayor al obtenido en el modelo determinístico es de 7.43%; además la probabilidad de que la TIR sea mayor al 20% (tasa de oportunidad del proyecto) es del 100%.

Sánchez (2009) menciona que en casi todos los proyectos privados utilizan conceptos como demanda, oferta, aversión al riesgo, mediante el método de simulación de Montecarlo con un nivel de confianza del 95%, se estima una probabilidad de que el VAN sea mayor a cero del 84%, y una de probabilidad del 16% de que el VAN sea menor que cero. Bazzani (2007) detalla que en la gerencia moderna de proyectos la administración de riesgos y la gerencia de riesgos han tomado un papel importante para definir estrategias y mantener la estabilidad de la empresa procurando minimizar las pérdidas económicas por la ocurrencia de riesgos, utilizó la simulación del método de Montecarlo mediante el programa Crystal Ball, la simulación muestra la probabilidad de obtener una tasas de rentabilidad de la inversión del 30%, se obtiene el resultado de 27.57%. Del Carpio y Eyzaguirre (2007) aplica de la técnica de simulación de Montecarlo, determinando que la probabilidad del VANE sea mayor que S/. 1,100.00 se estima en 97.63%. Finalmente Retana y Meza (2007) realiza la simulación de Montecarlo con el programa Crystal Ball para el proyecto laboratorios Vision Research, con un nivel de la certeza del 100%, la probabilidad de alcanzar un beneficio positivo es de 79.40%, por lo que podemos considerar un 20.60% de probabilidad de tener un beneficio negativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la siguiente investigación se realiza un análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos del proyecto, se analiza el afecto del riesgo en los indicadores de rentabilidad del proyecto de inversión pública denominado: Mejoramiento y ampliación de los servicios de agua potable y alcantarillado de la localidad de Tinicachi, distrito de Tinicachi - Yunguyo - Puno (Rodriguez, 2016); y el impacto de los aumentos y reducciones de las variables críticas en el VAN social y la TIR social.

Para analizar el caso de estudio, se utilizó un proyecto de inversión pública del sector saneamiento de la municipalidad distrital de Tinicachi, de la provincia de Yunguyo, de la región de Puno; el cual en la actualidad se encuentra viable (Rodriguez, 2016), y contiene la siguiente información:

- Código del proyecto: 2314374
- Código SNIP: 351951
- Monto de inversión: S/.3'093,164.00

Para el presente trabajo de investigación utilizaremos el programa Crystal Ball para la simulación del modelo de Montecarlo el cual está al alcance de cualquier usuario.

Aplicamos el modelo metodológico para realizar el análisis de riesgo en proyectos de inversión pública de según (Botteon, 2011; Tudela, 2015), el cual es el siguiente:

PASO 01: Procesar el flujo de fondos del proyecto e indicadores de rentabilidad social del proyecto de acuerdo al siguiente detalle:

- Costos de inversión
- Costos de operación y mantenimiento
- Beneficios sociales
- Indicadores de rentabilidad social del proyecto
- Análisis de sensibilidad ante cambios porcentuales en las variables críticas.





PASO 02: Definir las variables de entrada y distribución de probabilidades

- Variable inversión
- Variable costos de operación y mantenimiento
- Variable beneficios sociales

PASO 03: Definir las variables de salida

- Valor actual neto VAN
- Tasa interna de retorno TIR

PASO 04: Aplicar la simulación del modelo de Montecarlo

- Simulación del modelo de Montecarlo para el VAN
- Simulación del modelo de Montecarlo para la TIR

PASO 05: Identificar la probabilidad de no viabilidad del proyecto de inversión pública

PASO 06: Identificar la probabilidad de que la TIR sea mayor que la tasa social de descuento (9%).

PASO 07: Realizar el análisis de sensibilidad del proyecto de inversión pública

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aplicando los pasos de la metodología propuesta por Tudela (2015) obtenemos lo siguiente:

PASO 01:

En esta sección se realiza el procesamiento del flujo de fondos del proyecto, con el objetivo de estimar los indicadores de rentabilidad de la evaluación social del proyecto, de los que se obtuvieron los siguientes resultados:

La evaluación social del proyecto se ha realizado con la metodología costo/beneficio. El criterio de decisión para que el proyecto sea viable se da cuando el valor actual neto (VAN) sea mayor que cero, y la TIR sea mayor que la tasa social de descuento (9%) establecida por el Ministerio de Economía y Finanzas.

Se ha establecido como horizonte de evaluación 20 años.

Tabla 1. Flujo de costos y beneficios

AÑO	COSTOS DE INVERSION	COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	BENEFICIOS SOCIALES	FLUJO NETO
0	626.909.08			-626.909.08
1		5406.15	229411.19	224.005.04
2		5406.15	239528.44	234.122.29
3		5406.15	249772.16	244.366.01
4		5406.15	260143.93	254.737.78
5		5406.15	270645.34	265.239.19
6		5406.15	281278.02	275.871.87
7		5406.15	292043.6	286.637.45
8		5406.15	302943.76	297.537.61
9		5406.15	313980.17	308.574.02
10		5406.15	325154.53	319.748.38
11		5406.15	336468.58	331.062.43
12		5406.15	347924.05	342.517.90
13		5406.15	359522.71	354.116.56
14		5406.15	371266.36	365.860.21
15		5406.15	383156.8	377.750.65
16		5406.15	395195.87	389.789.72
17		5406.15	407385.43	401.979.28
18		5406.15	419727.36	414.321.21
19		5406.15	432223.57	426.817.42
20		5406.15	444875.97	439.469.82
VAN SOCIAL (\$/)				2,084,052.79
TIR SOCIAL (%)				39.82%



Fuente: Perfil de proyecto

El análisis de sensibilidad ante cambios porcentuales en las variables críticas es desarrollado comúnmente por los formuladores de proyectos en nuestro medio; Este método busca conocer cómo influyen los cambios porcentuales de las variables críticas en los indicadores de rentabilidad como el VAN y la TIR. Para lo cual vamos a identificar las variables críticas del proyecto, y luego plantemos el rango de variación porcentual de las variables críticas.

Primero: a aumentos entre 300% a 400% de los costos de inversión, el VANS del proyecto de inversión pública se convierte en negativo, y a reducciones porcentuales de los costos de inversión los resultados del VANS serán positivos.

En nuestro caso se fijó un rango de variaciones porcentuales entre -500.00% a 600.00%, desde reducciones a aumentos de la inversión.

Tabla 2. Sensibilidad del VANS respecto a la variación de los costos de inversión

CAMBIOS EN LA INVERSIÓN	VARIACIÓN PORCENTUAL	SENSIBILIDAD DEL VAN RESPECTO A LA VARIACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN
2507636.32	-5.00	5,218,598.19
1880727.24	-4.00	4,591,689.11
1253818.16	-3.00	3,964,780.03
626909.08	-2.00	3,337,870.95
0.00	-1.00	2,710,961.87
-626909.08	0.00	2,084,052.79
-1253818.16	1.00	1,457,143.71
-1880727.24	2.00	830,234.63
-2507636.32	3.00	203,325.55
-3134545.40	4.00	-423,583.53
-3761454.48	5.00	-1,050,492.61
-4388363.56	6.00	-1,677,401.69

En la tabla 2 y en la figura 1, se observa como estos cambios afectan positivamente y negativamente en los resultados del valor actual neto social del proyecto de inversión pública.

El análisis de sensibilidad del VANS respecto a los cambios en los costos de inversión para nuestro caso muestra una pendiente negativa, tal como se puede apreciar en la figura 1.



Figura 1. Sensibilidad del VANS respecto a la variación de los costos de inversión.
 Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de la metodología del punto de nivelación, se puede apreciar en la tabla 3 que la máxima resistencia del VANS con respecto a las variaciones de los costos de inversión es del 332.43%, esto significa que este porcentaje es el valor máximo que puede incidir en forma negativa para que el VANS sea igual a cero.

Tabla 3. Porcentaje máximo de variación de los costos de inversión

MÁXIMA RESISTENCIA DEL VANS



CAMBIO DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN (%)	VANS (S/.)
332.43	0.00

Segundo: A aumentos entre 4,000% a 6,000% de los costos de operación y mantenimiento, el VANS del proyecto de inversión pública se convierte en negativo, y a reducciones porcentuales de los costos de operación y mantenimiento los resultados del VANS son positivos.

En nuestro caso se fijó un rango de variaciones porcentuales entre -10,000.00% a 12,000.00%, desde reducciones a aumentos en los costos de operación y mantenimiento.

Tabla 4. Sensibilidad del VANS respecto a la variación de los costos de operación y mantenimiento

CAMBIOS EN LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	VARIACIÓN PORCENTUAL	SENSIBILIDAD DEL VAN RESPECTO A VARIACIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
4,885,678.43	-100.00	7,019,081.51
3,898,672.69	-80.00	6,609,634.56
2,911,666.94	-60.00	5,622,628.82
1,924,661.20	-40.00	4,635,623.07
937,655.46	-20.00	3,648,617.33
-49,350.29	0.00	2,661,611.59
-1,036,356.03	20.00	1,674,605.84
-2,023,361.77	40.00	687,600.10
-3,010,367.52	60.00	-299,405.64
-3,997,373.26	80.00	-1,286,411.39
-4,984,379.00	100.00	-2,273,417.13
-5,971,384.75	120.00	-3,260,422.87

El análisis de sensibilidad del VANS respecto a los cambios en los costos de operación y mantenimiento también muestra una pendiente negativa, tal como se puede apreciar en la figura 2.



Figura 2. Sensibilidad del VANS respecto a la variación de los costos de operación y mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados de la metodología del punto de nivelación, se puede apreciar en la tabla N° 05 que la máxima resistencia del VANS con respecto a las variaciones de los costos de operación y mantenimiento es de 5,393.31%, esto significa que este porcentaje es el valor máximo que puede incidir en forma negativa para que el VANS sea igual a cero.

Tabla 5. Porcentaje máximo de variación de los costos de operación y mantenimiento

MÁXIMA RESISTENCIA DEL VANS	
CAMBIO DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (%)	VANS (S/.)
5,393.31	0.00





Tercero: Los beneficios sociales pueden variar entre -75.00% a -100.00% para que el VANS del proyecto no sea rentable. En nuestro caso se determinó un rango de variaciones porcentuales entre -200.00% a 75.00%, desde reducciones a aumentos en los beneficios sociales.

Tabla 6. Sensibilidad del VANS respecto a la variación de los beneficios sociales

CAMBIOS EN LOS BENEFICIOS SOCIALES	VARIACIÓN PORCENTUAL	SENSIBILIDAD DEL VAN RESPECTO A LA VARIACIÓN DE LOS BENEFICIOS SOCIALES
-2.760.312,16	-2,00	-3.436.571,53
-2.070.234,12	-1,75	-2.746.493,49
-1.380.156,08	-1,50	-2.056.415,45
-690.078,04	-1,25	-1.366.337,41
0,00	-1,00	-676.259,37
690.078,04	-0,75	13.818,67
1.380.156,08	-0,50	703.896,71
2.070.234,12	-0,25	1.393.974,75
2.760.312,16	0,00	2.084.052,79
3.450.390,20	0,25	2.774.130,83
4.140.468,24	0,50	3.464.208,87
4.830.546,28	0,75	4.154.286,91

El análisis de sensibilidad del VANS respecto a los cambios en los beneficios sociales muestra una pendiente positiva, tal como se puede observar en la figura 3.



Figura 3. Sensibilidad del VANS respecto a la variación de los beneficios sociales.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la metodología del punto de nivelación, muestran en la tabla N° 07 que la máxima resistencia del VANS con respecto a las variaciones de los beneficios sociales es negativo con -75.50%, esto significa que este porcentaje es el mínimo valor que puede incidir en forma positiva para que el VANS del proyecto sea igual a cero.

Tabla 7. Porcentaje máximo de variación de los beneficios sociales

MÁXIMA RESISTENCIA DEL VANS	
CAMBIO DE LOS BENEFICIOS SOCIALES (%)	VANS (S/.)
-75.50	0.00

PASO 02:

Determinamos las variables de entrada y distribución de probabilidades, por lo que se ha visto por conveniente utilizar como variables críticas las variables que utiliza en el análisis de sensibilidad de un proyecto de inversión pública los cuales son: primero variable crítica inversiones, segundo variable crítica costos de operación y mantenimiento, y tercero la variable crítica beneficios sociales. Estas variables críticas serán analizadas cada una con sus respectivas distribuciones de probabilidades.



Primero: Dentro de la investigación se ha supuesto que para la variable crítica inversión se plantea una distribución de probabilidades normal, el cual tiene una media de S/. 629,909.08 con una desviación estándar de S/.62,990.91. En la figura N°4 se muestra la distribución normal de la variable inversión.

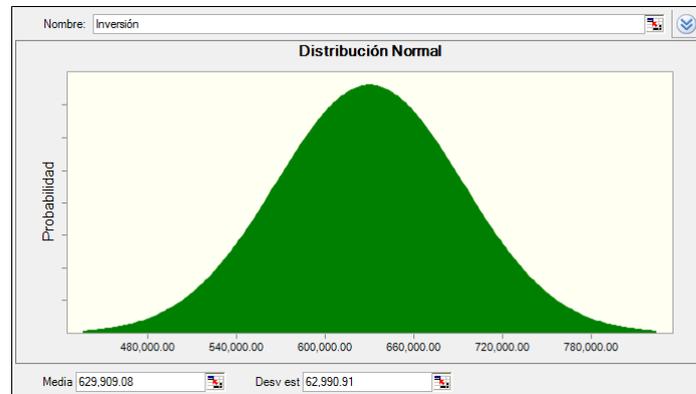


Figura 4. Distribución normal variable inversión
Fuente: Programa Crystal Ball.

Segundo: Para la variable costos de operación y mantenimiento se ha supuesto una distribución de probabilidades de forma triangular con un costo mínimo S/. 4,865.54, un costo máximo de S/. 5,946.77 y el costo más probable de S/. 5,406.15. En la figura N°5 se muestra la distribución triangular de la variable costos de operación y mantenimiento.

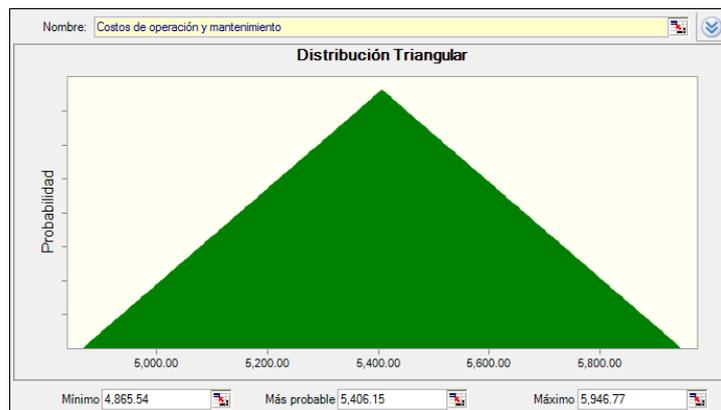


Figura 5. Distribución triangular variable costos de operación y mantenimiento.
Fuente: Programa Crystal Ball.

Tercero: Para la variable crítica beneficios sociales se asume una función de distribución uniforme, con un mínimo de beneficios sociales de S/. 229,411.19 y un máximo de S/. 444,875.97. En la figura N°6 se muestra la distribución uniforme de la variable beneficios sociales.

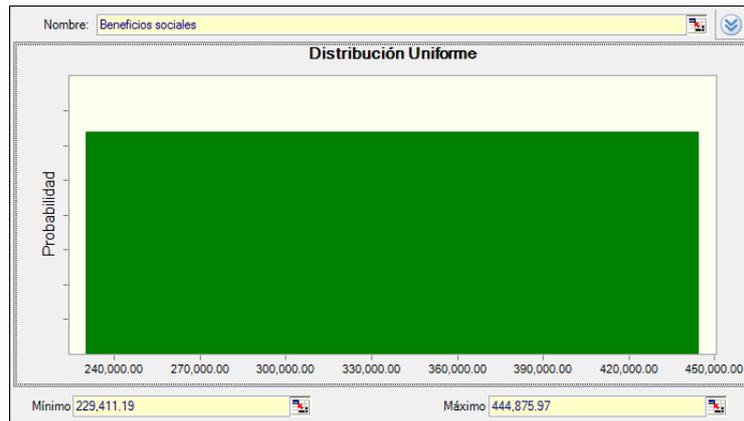


Figura 6. Distribución uniforme variable beneficios sociales.

Fuente: Programa Crystal Ball.

PASO 03:

Como variable de salida del modelo presentamos al valor actual neto (VAN), el cual se pronostica la probabilidad de ocurrencia de esta variable dependiente, también consideramos como variable de salida a la tasa de interna de retorno (TIR), el cual se pronostica la probabilidad de ocurrencia de esta variable dependiente.

PASO 04:

Para la simulación del modelo de Montecarlo utilizamos 1,000 escenarios como número de pruebas de simulación.

Primero: Realizamos la simulación del modelo de Montecarlo para el VAN, los resultados del pronóstico tienen un nivel de certeza del 100%. El resultado del VAN promedio es de S/. 2'081,052.79 estos resultados de la simulación son similares a los obtenidos tradicionalmente mediante el análisis costo/beneficio para proyectos de inversión pública. Aunque, la ventaja de la incorporación del análisis de riesgo en los proyectos de inversión constituye en la probabilidad de ocurrencia de viabilidad y no viabilidad de un proyecto de inversión pública.

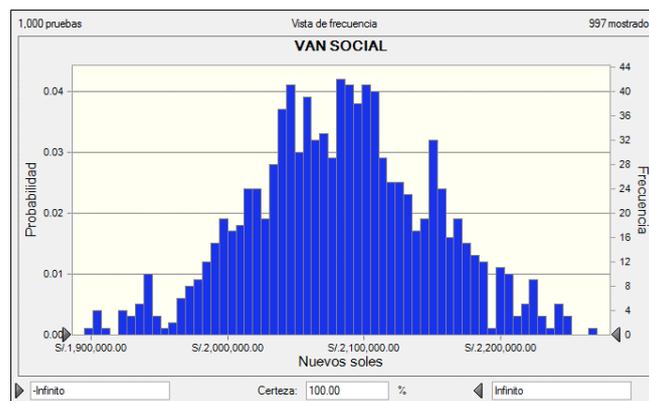


Figura 7. Resultados de la simulación de Montecarlo para el VAN social.

Fuente: Programa Crystal Ball.

Segundo: Realizamos la simulación del modelo de Montecarlo para la TIR, los resultados del pronóstico tienen un nivel de certeza del 100%. El resultado de la TIR promedio es de 39.65% estos resultados de la simulación son similares a los de la tabla N° 1, los cuales son obtenidos tradicionalmente mediante la metodología del análisis costo/beneficio para proyectos de inversión pública. Aunque, la ventaja de la incorporación de la análisis de riesgo en los proyectos de

inversión constituye en probabilidad de ocurrencia de viabilidad y no viabilidad de un proyecto de inversión pública.

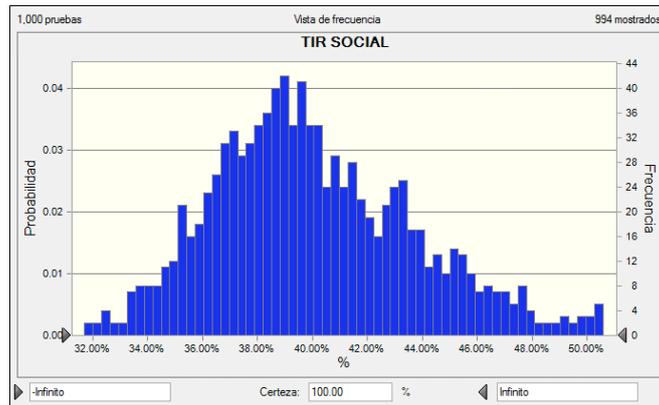


Figura 8. Resultados de la simulación de Montecarlo para la TIR social.
Fuente: Programa Crystal Ball.

PASO 05:

Dentro de la probabilidad de no viabilidad del proyecto de inversión pública, se tiene los siguientes resultados: la probabilidad de que el VAN sea menor que cero [$p(\text{VAN} < 0)$] es de 0.00%, este resultado representa la probabilidad de no viabilidad de un proyecto de inversión, consecuentemente la probabilidad de viabilidad del proyecto de inversión pública es de 100.00%. Por lo tanto este resultado del análisis de riesgo indica que la rentabilidad social del proyecto de inversión pública está garantizada.

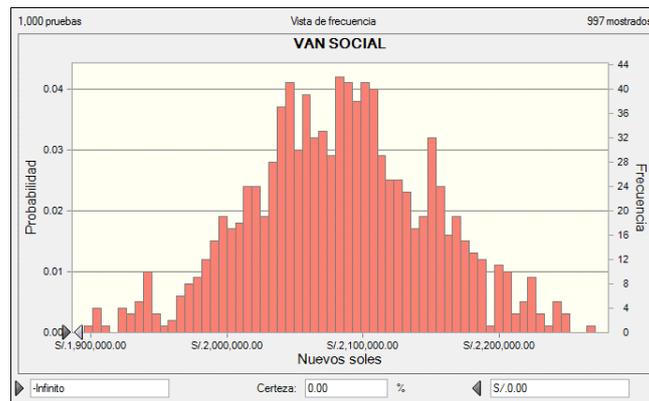


Figura 9. Probabilidad de no viabilidad del proyecto.
Fuente: Programa Crystal Ball.

PASO 06:

La probabilidad de que la TIR sea mayor a la tasa de social de descuento del 9%, el cual aplicamos al flujo de fondos en la evaluación social del proyecto de inversión pública, presenta el siguiente resultado: la probabilidad de que la TIR sea mayor que la tasa social de descuento [$P(\text{TIR} > 9\%)$] es del 100.00%, este resultado evidencia que existe una elevada probabilidad que el proyecto de inversión pública es rentable socialmente.

Por lo tanto la ejecución del presente proyecto de inversión pública es viable económicamente y desde el punto de vista de la sociedad, en consecuencia el instrumento de simulación de riesgo del modelo de Montecarlo perfecciona la evaluación económica mediante el análisis costo/beneficio y el análisis de sensibilidad.

Además en el desarrollo de la evaluación de proyectos de inversión pública se puede perfeccionar con el análisis de riesgo mediante la simulación de Montecarlo para un uso efectivo de los recursos públicos en las inversiones del estado.

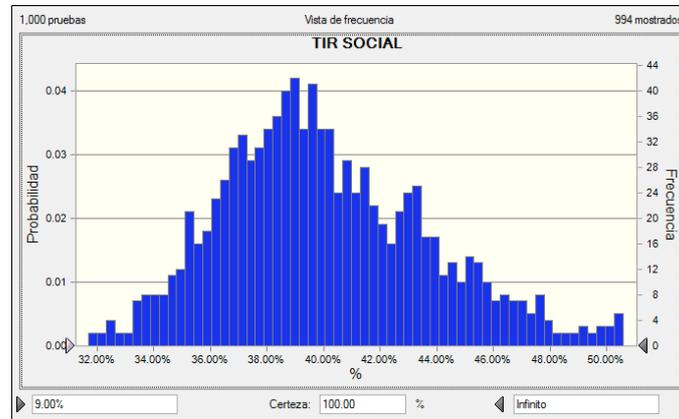


Figura 10. Probabilidad de que la TIR social sea mayor que el 9%.

Fuente: Programa Crystal Ball.

PASO 07:

Después de haber aplicado el método de simulación de Montecarlo, el análisis de sensibilidad nos muestra que la variable crítica inversión es la que más impacta en un -87.3% sobre el VAN social del proyecto, la variable crítica beneficios sociales afecta en un 12.7% en el VAN social, y la variable crítica costos de operación y mantenimiento no afecta en los resultados del VAN social.

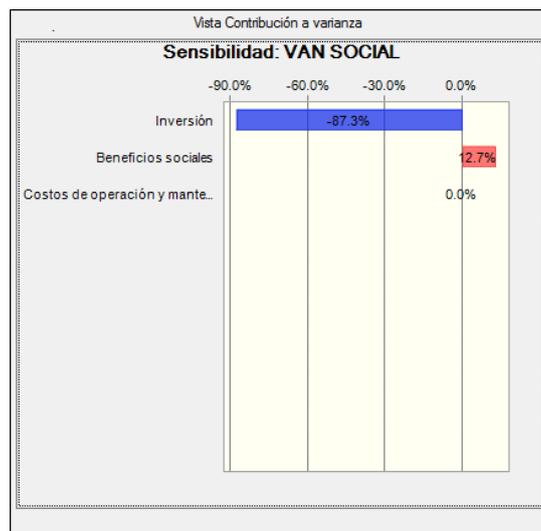


Figura 11. Análisis de sensibilidad del proyecto.

Fuente: Programa Crystal Ball.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Realizando una comparación con los resultados de los otros trabajos de investigación, podemos apreciar que apoyan y corroboran los resultados de nuestra investigación como: Alvarado y Gálvez (2017), obtuvo dentro de sus pronósticos un VAN probabilístico obtenido del 80%. Tudela (2015) estimo una probabilidad de viabilidad del proyecto de inversión pública de 80.93%. Zevallos (2015) encontró una probabilidad de rentabilidad del 97.99% (VAN>0) para el proyecto de instalación del sistema de agua potable del distrito de Conduriri. Toro et al. (2015) muestra que existe un 66% de probabilidad de que la institución de educación superior tenga VPN mayor



a cero. Castro (2011), obtiene una probabilidad del 100% para que el VAN sea positivo en un proyecto de inversión en el sector de la administración aeroportuaria. En nuestro caso la probabilidad de que el VANS sea menor que cero [$p(\text{VANS} < 0)$] del proyecto de inversión pública de agua potable es de 0.00%, consecuentemente la probabilidad de viabilidad del proyecto de inversión pública es de 100.00% los resultados son bastante alentadores puesto que garantiza la rentabilidad social del proyecto.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo a modo de conclusión general, según los resultados obtenidos se puede mencionar que es posible la aplicación de la simulación del modelo de Montecarlo en la evaluación económica de los proyectos de inversión del estado.

En la presente investigación se utilizó un criterio técnico según el uso y características de las variables críticas para asumir las distribuciones de probabilidades como son: primero se asumió una distribución normal para la variable crítica inversión, segundo se asumió una distribución triangular para la variable crítica costos de operación y mantenimiento, y tercero se asumió una distribución uniforme para la variable crítica beneficios sociales.

Se concluye que es posible analizar y medir el riesgo en los indicadores de rentabilidad. La probabilidad de que el VANS sea mayor que cero [$p(\text{VANS} > 0)$] es de 100.00%, por lo tanto el proyecto es viable desde el punto de vista de la sociedad; y la probabilidad de que la TIRS sea mayor que la tasa social de descuento [$p(\text{TIRS} > 9\%)$] es del 100.00%, este resultado evidencia que existe una elevada probabilidad de que el proyecto de inversión pública es rentable económicamente.

Se concluye que es posible incorporar una metodología para analizar el análisis de riesgo en los proyectos de inversión del sector saneamiento. Puesto que los proyectistas según las metodologías planteadas por el MEF y la DGPI utilizan un análisis sencillo y no tan perfeccionado al momento de decidir la viabilidad económica del proyecto de inversión mediante la metodología costo/beneficio, el cual se pretende que se incorpore la simulación del modelo de Montecarlo en la evaluación económica de los proyectos de inversión.

Finalmente se plantea la implementación del análisis de riesgo en la elaboración, formulación, y evaluación de los proyectos de inversión del sector saneamiento que el estado pretende ejecutar.

LITERATURA CITADA

- Alvarado, H., & Gálvez, E. (2017). Incertidumbre en Evaluación de Proyectos de Inversión del Sector de Pequeños Hoteles en el Área Metropolitana de San Salvador. Universidad de El Salvador, Centroamérica. Universidad de El Salvador.
- Aparacio, M., Duran, D., & Giesecke, C. R. (2012). Análisis de Gestión de Riesgos de un Proyecto de Inversión Pública de Sol y Playa Durante su Fase de Inversión: El Caso del Proyecto Acondicionamiento Turístico de la Playa de Centro Máncora. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Bazzani, L. (2007). Modelo Metodológico para Evaluar Riesgo en Proyectos de Inversión. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, 267.
- Beltrán, A., & Cueva, H. (2005). Evaluación Privada de Proyectos. 2da edición. Universidad Del Pacífico, Perú.
- Botteon, N. (2011). Análisis de riesgo. Curso de preparación y evaluación de proyectos de inversión pública. Santiago de Chile.
- Botteon, C. N. (2011). Incorporación de la incertidumbre y riesgos en las evaluaciones. I Seminario de La Red de Sistemas Nacionales de Inversión Pública, ILPES-CEPAL, Banco Mundial-BID, República Dominicana.
- Candia, J., Perrotti, D., & Aldunate, E. (2015). Evaluación social de proyectos: Un resumen de las principales metodologías oficiales utilizadas en América Latina y el Caribe. Instituto Latinoamericano Y Del Caribe de Planificación Económica Y Social (ILPES), Naciones Unidas (CEPAL), Santiago de Chile., 83, 110.
- Castro, G. (2011). Diseño y Elaboración de un Modelo para Evaluar Riesgos en Proyectos de Inversión Aplicado al Sector de la Administración Aeroportuaria. Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, 1–102.





- Contreras, E. (2009). Evaluación de inversiones bajo incertidumbre: teoría y aplicaciones a proyectos en Chile. Instituto Latinoamericano Y Del Caribe de Planificación Económica Y Social (ILPES), Naciones Unidas (CEPAL), Santiago de Chile., 115. Retrieved from <http://books.google.com/books?>
- Del Carpio, J., & Eyzaguirre, R. (2007). Análisis de riesgo en la evaluación de alternativas de inversión utilizando Crystal Ball. *Gestión Y Produccion*, 10(1), 55–58.
- Guigui, R. (2012). Análisis del riesgo en proyectos de inversión: Propuesta metodológica para la selección de inversiones de capital, a través de una prueba empírica de la medición del desempeño del Valor Presente Neto en Riesgo (VPNR) de proyectos de diferentes. In Universidad Panamericana, Retos de las ciencias administrativas desde las economías emergentes: Evolución de sociedades, México (pp. 1–31).
- Huamaní, S. A. (2017). Estimación de la rentabilidad social de incrementar la cobertura de agua potable en Lima Metropolitana. Repositorio de La Universidad Del Pacífico-UP, Escuela de Postgrado, Perú, 84. Retrieved from <http://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/1734>
- MEF-DGPMI-CONTENIDO. (2017). Anexo N°01: Contenido Mínimo del Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil. Perú, Ministerio de Economía Y Finanzas - Dirección General de Inversión Pública. Lima, Setiembre, 2017.
- MEF-DGPMI-DL. (2017). Decreto Legislativo N° 1252. Perú, Ministerio de Economía Y Finanzas - Dirección General de Inversión Pública. Lima, Enero, 2017. Retrieved from <https://www.mef.gob.pe/es/documentacion-sp-30574/instrumento/decretos-legislativos/15603-decreto-legislativo-n-1252/file>
- Palizade. (2018). Análisis de riesgo. Fabricante Del Software Líder a Nivel Mundial de Análisis de Riesgo Y de Decisiones.
- Proeva. (2013). Material de apoyo: El análisis de riesgo de un proyecto de inversión. Universidad de La República Uruguay, Facultad de Ciencias Economicas Y de Administración, 9(1987), 1–371.
- Retana, J., y Meza, J. (2007). Integración del Valor Presente Neto, la Simulación y las Opciones Reales en el Desarrollo Estratégico de la Evaluación de Proyectos. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rodriguez, O. M. (2016). Perfil de Proyecto: Mejoramiento y ampliación de los servicios de agua potable y alcantarillado en la localidad de Tinicachi, Distrito de Tinicachi - Yunguyo - Puno. Municipalidad Distrital de Tinicachi, Banco de Inversiones-MEF, Perú.
- Sánchez, E. (2009). Análisis de riesgos en proyectos de inversión. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Pensamiento Crítico N°11, 129–138.
- Sapag, N. (2011). *Proyectos de Inversión: Formulación y Evaluación*. 2da edición. Pearson Educación, Chile.
- Toro, M., Ledezma, J. E., & Escobar, J. W. (2015). Modelo de evaluación de Proyectos de Inversión en condiciones de riesgo para apertura de programas de pregrado en instituciones de educación superior de Colombia : caso de estudio. Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia, 99–132.
- Tudela, W. (2015). Análisis de Riesgo en la evaluación de Proyectos de Inversión Pública utilizando Crystal Ball. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, UNAP-Perú, 17(2), 237–242.
- Zevallos, N. (2015). Evaluación social del sistema de agua potable en las comunidades del distrito de Conduriri, provincia de El Collao-Puno. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Maestría en economía, Perú.

