

# Una Aplicación del Método de Monte Carlo en el Análisis de Riesgo de los Proyectos

## *Su automatización a través de una planilla de cálculo*

*Autor: Marcelo Claudio Perissé*

### Introducción.

<sup>i</sup>El presente trabajo busca presentar, a través de un caso práctico, la utilización de la planilla electrónica en el análisis de rentabilidad de inversiones bajo riesgo. Específicamente mostraremos como operar el producto Microsoft Excel, para llevar adelante la construcción del método de Monte Carlo aplicado la evaluación de proyectos de inversión.

El método de Monte Carlo es una herramienta de investigación y planeamiento; básicamente es una técnica de muestreo artificial, empleada para operar numéricamente sistemas complejos que tengan componentes aleatorios.

Gracias a la constante evolución de las microcomputadoras, en lo que se refiere a su capacidad de procesamiento de la información, el método de Monte Carlo es cada vez más frecuentemente utilizado.

Esta metodología provee como resultado, incorporada a los modelos financieros, aproximaciones para las distribuciones de probabilidades de los parámetros que están siendo estudiados.

Para ello son realizadas diversas simulaciones donde, en cada una de ellas, son generados valores aleatorios para el conjunto de variables de entrada y parámetros del modelo que están sujetos a incertidumbre. Tales valores aleatorios generados siguen distribuciones de probabilidades específicas que deben ser identificadas o estimadas previamente.

El conjunto de resultados, producidos a lo largo de todas las simulaciones, podrán ser analizados estadísticamente y proveer resultados en términos de probabilidad. Esas informaciones serán útiles en la evaluación de la dispersión total de las apreciaciones del modelo, causado por el efecto combinado de las incertidumbres de los datos de entrada y en la evaluación de las probabilidades de ser violados los padrones de las proyecciones financieras.

<sup>ii</sup>En lo que se refiere a la computadora, podemos asegurar que ya está comprobada su utilidad para obtener: una visión clara de la variabilidad y el rédito de los proyectos bajo análisis; como por ejemplo, y lo vamos a mostrar en este trabajo, la planilla de cálculo puede emplearse para obtener valiosa información sobre la sensibilidad del posible rendimiento frente a las variaciones de factores determinados, y sobre la probabilidad de obtener diversos niveles de rendimiento.

Esta información será fundamental como respaldo de las decisiones gerenciales; no pueden quedar dudas que el conocimiento de la probabilidad de ocurrencia de toda la gama de posibles rendimientos, brinda una cierta seguridad de que la información disponible ha sido empleada con la máxima eficacia.

El ejercicio de razonar en base a la incertidumbre contribuye a mejorar la habilidad de elegir las inversiones, porque comprender la incertidumbre y el riesgo equivale a comprender el secreto de los negocios, y es la llave para abrir la puerta a las buenas oportunidades.

### Automatización del Modelo de Monte Carlo

<sup>iii</sup>De forma simplificada, se puede aplicar el Modelo de Monte Carlo en el Excel de la siguiente forma:

- 1) Estimar la escala de valores que podría alcanzar cada factor, y la probabilidad de ocurrencia asociada a cada valor.
- 2) Elegir, aleatoriamente, uno de los valores de cada factor, y dependiendo de la combinación seleccionada, computar la tasa de rendimiento resultante.
- 3) Repetir el mismo proceso una y otra vez, la cantidad de veces que sea necesaria, que permita definir y evaluar la probabilidad de ocurrencia de cada posible tasa de rendimiento. Como existen millones de posibles combinaciones de factores, necesitamos efectuar un número de pruebas suficientemente

grande para que pueda apreciarse la posibilidad de ocurrencia de las varias tasas de rendimiento. El resultado a que se llegará será una lista de distintas tasas de rendimiento que podrían lograrse, que puede variar desde una pérdida (si los factores son adversos) hasta la ganancia máxima que sea posible lograr conforme con los pronósticos que se hayan efectuado.

- 4) Se calcula la tasa media esperada, que es el promedio ponderado de todas las tasas resultantes de las sucesivas pruebas realizadas, siendo la base de ponderación la probabilidad de ocurrencia de cada una.
- 5) También se determina la variabilidad de los valores respecto del promedio, lo que es importante porque a igualdad de otros factores, la empresa presumiblemente preferirá los proyectos de menor variabilidad.

Dependiendo de la política de decisión, el proceso lo podremos aplicar a la tasa interna de retorno o al valor actual neto. Los ejercicios aquí presentados trabajan en base al valor actual neto.

## Ejercicios

Presentaremos dos ejercicios uno para distribuciones discretas y otro para distribuciones continuas.

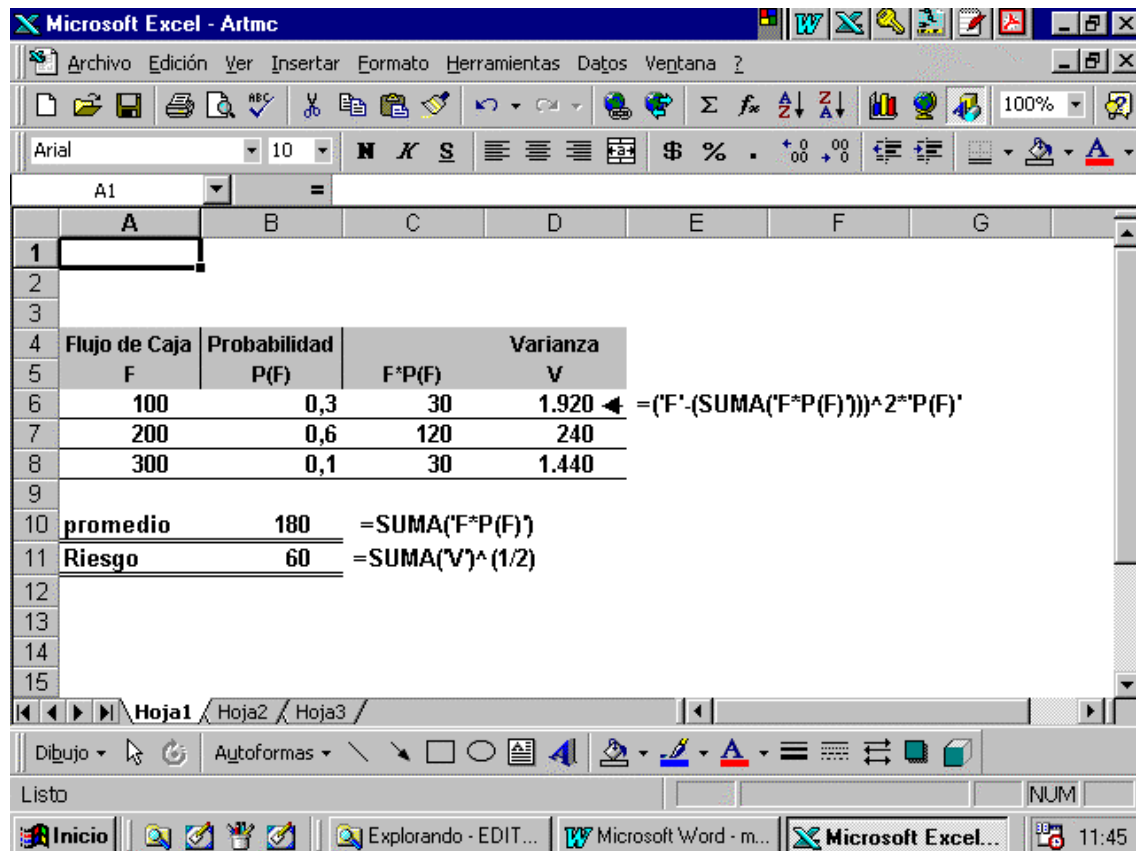
Para distribuciones discretas:

Bastaría colocar la distribución discreta basada en la función de probabilidad acumulada (entre 0% y 100%), generar un aleatorio ( por la función =aleatorio()) y , por ejemplo, a través de una función de búsqueda y referencia (buscarv()) identificar el valor correspondiente.

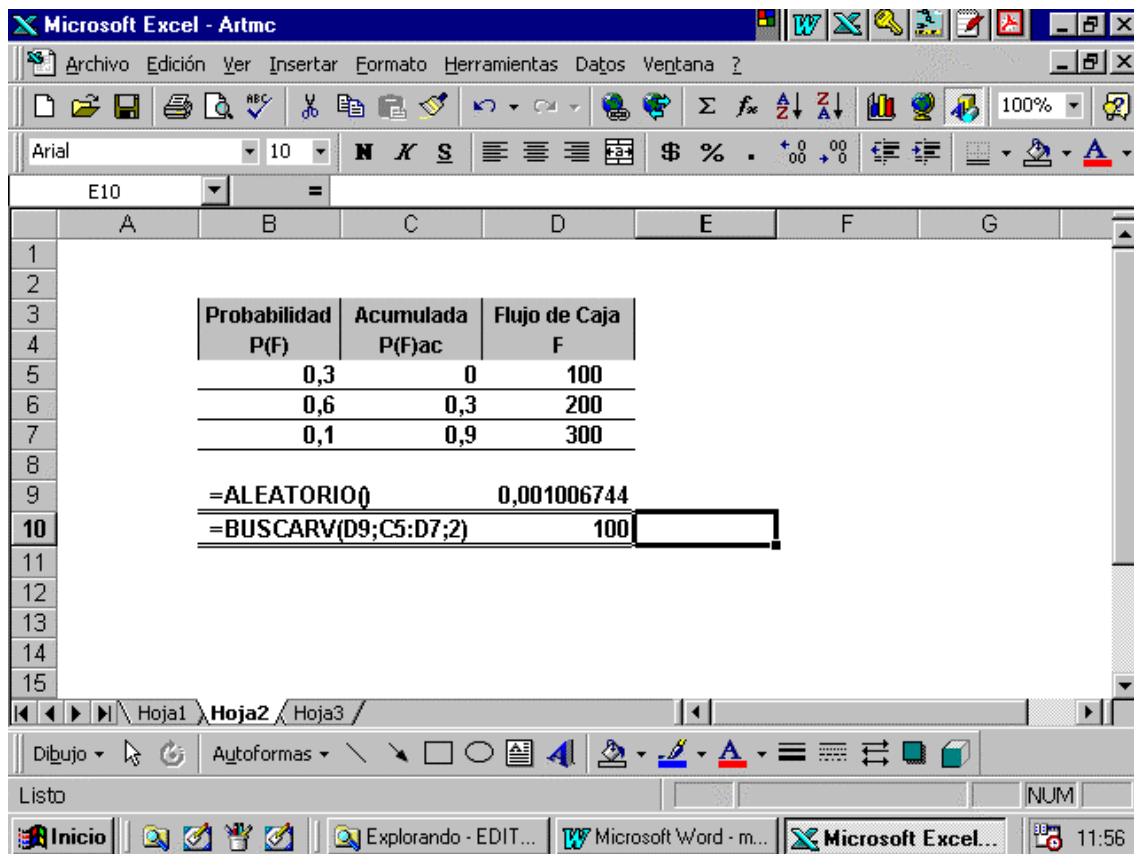
Usando una función de buscar y referencia, como buscarv. del Excel, podríamos generar aleatorios y así aseguramos la aleatoriedad de las cantidades obtenidas, y que luego de "n" simulaciones ("n" no debería ser menor a 1.000) , permitiría calcular el promedio y el riesgo de la distribución.

Veamos un ejemplo para distribuciones Discretas y uno para Distribuciones Continuas

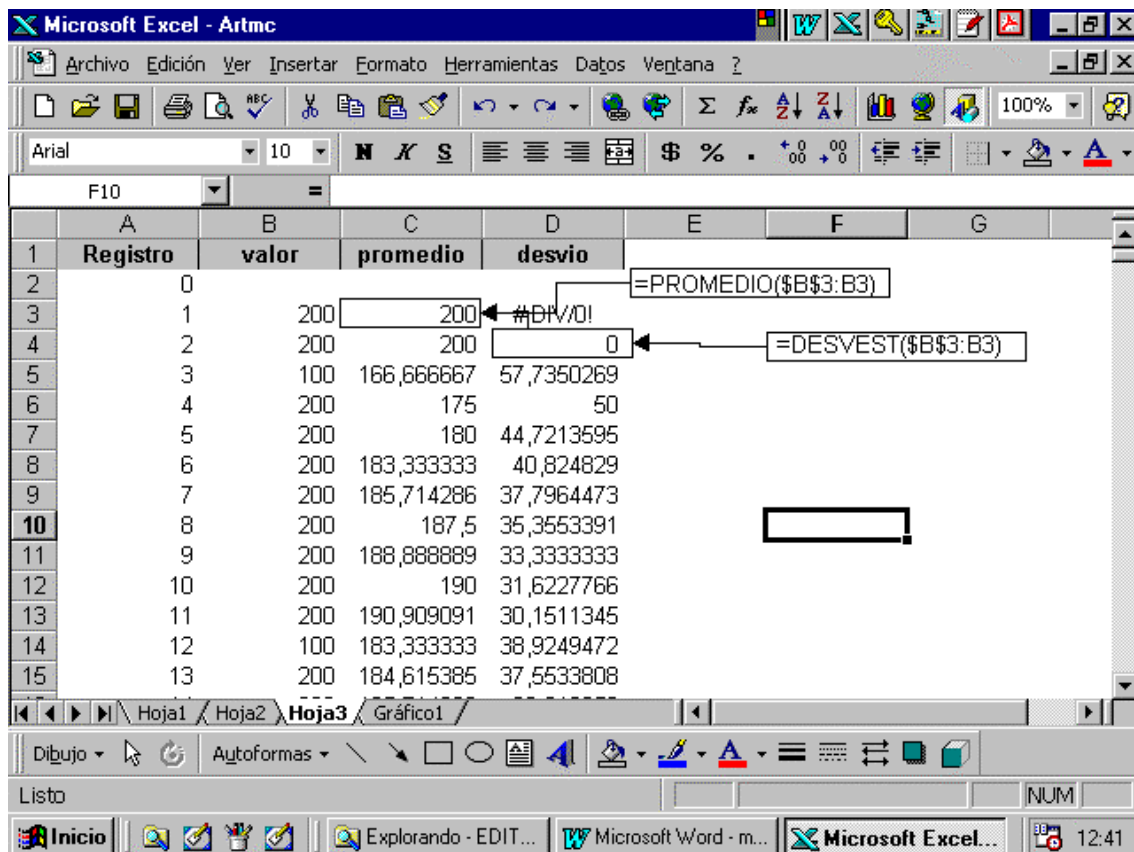
*Distribución Discreta:*



	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4	Flujo de Caja	Probabilidad		Varianza			
5	F	P(F)	F*P(F)	V			
6	100	0,3	30	1.920	=('F'-(SUMA('F*P(F)'))^2*'P(F)'		
7	200	0,6	120	240			
8	300	0,1	30	1.440			
9							
10	promedio	180	=SUMA('F*P(F)')				
11	Riesgo	60	=SUMA('V')^(1/2)				
12							
13							
14							
15							

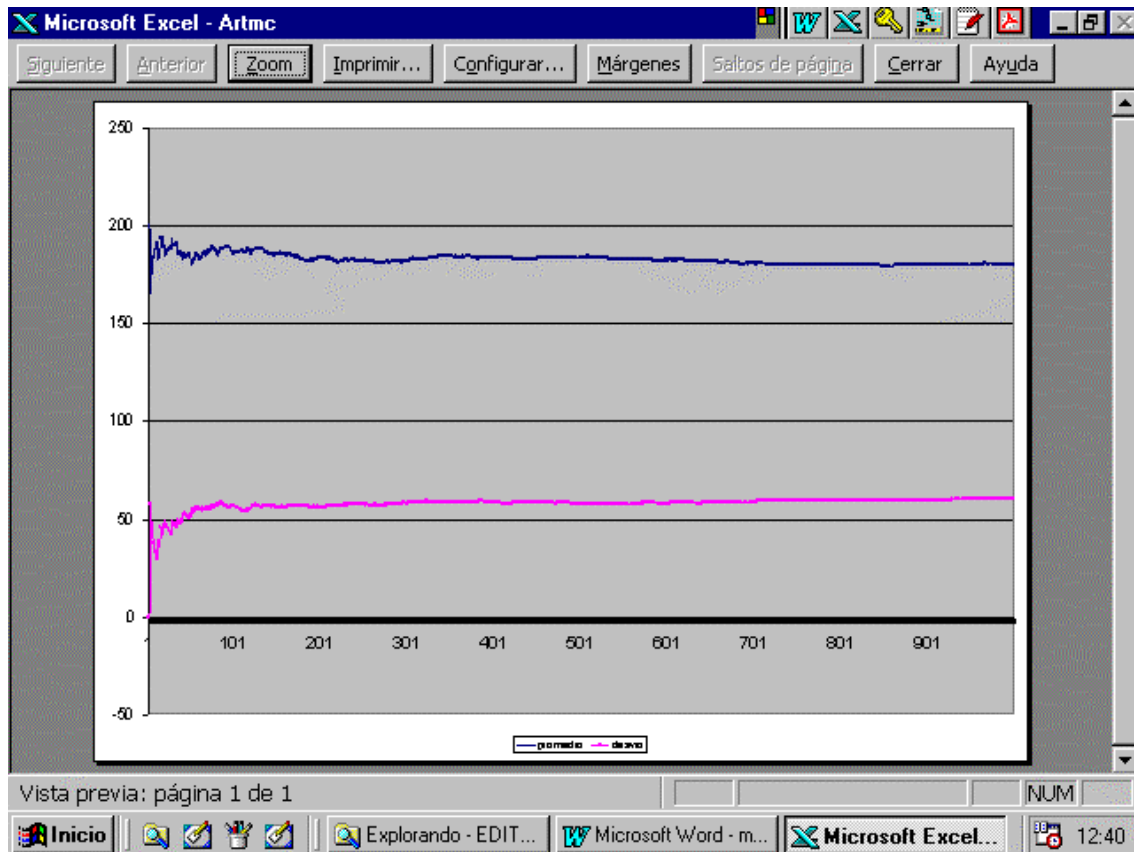


Si hacemos mil simulaciones encontraremos que el promedio y el riesgo tienden a estabilizarse próximos a los valores poblacionales anteriormente calculados. Recuerde que para activar la fórmula aleatorio debe presionar la tecla F9.



Para realizar una tabla de estas simulaciones se puede realizar una macro; la cual valla tomando los valores, los lleve a otra hoja ( use el pegado especial para pasar las fórmulas a valores); para esta misma macro debe usar las posiciones relativas para que se vayan incorporando los registros.

Plotenado el gráfico de los números de simulaciones con los valores del promedio y el desvío, puede percibirse que próximo a las 200 simulaciones, los valores se tienden a estabilizar.



Distribuciones Continuas:

<sup>iv</sup>Para cada tipo de distribución continua, se puede montar una función estocástica; en nuestro caso, una distribución normal puede ser expresado por:

$$S_x \left[ \sum_{i=1}^{12} aleatorio_i - 6 \right] + \mu_x$$

Para hacer esta operación en el Excel, se debe usar la función =aleatorio().

=((((ALEATORIO()+ALEATORIO()+ALEATORIO()+ALEATORIO()+ALEATORIO()+ALEATORIO()  
(+ALEATORIO()+ALEATORIO()+ALEATORIO()+ALEATORIO()+ALEATORIO()+ALEATORIO()  
) - 6) \* Desvío + Promedio))

A continuación se presenta un ejemplo de la utilización del método de Monte Carlo en la planilla de Microsoft Excel:

Estos son los datos del Ejercicio:

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?							
Arial 10 N K S \$ % . + 0 00 + 00 0							
	A	B	C	D	E	F	G
1	Nuevo Emprendimiento						
2	Inversión	900.000 \$	vida util	20 años			
3	Política de precios Suponga la siguiente distribución discreta de precios unitarios						
4	\$	gaseosa					
5	precio	prob_cola	prob_lima	prob_naranja			
6	20	0,12	0,1	0,3			
7	30	0,63	0,6	0,45			
8	40	0,25	0,3	0,25			
9	total	1	1	1			
10							
11	Pronóstico de Ventas Suponga una distribución normal, con previsión en las ventas en unidades						
12		cola	lima	naranja			
13	$\mu$	16.000	8.000	6.500			
14	$\sigma$	1.500	4.000	3.200			
15	costos variables:		60% de las ventas				
16	gastos:		172.000 \$ supuestas fijas e iguales				
17	costo del capital:		14%				
18	impuesto a las ganancias		35%				
19	amortización		45.000 por año linear para los 20 años 45000=900000/20)				
20							
datos mmc calculo serie de van histograma graficopromedio graficahistogra							
Dibujo Autoformas							

Luego se comienza a construir el Modelo:

Para cada tipo de gaseosa se calcula:

El Acumulando de las probabilidades

El promedio y el riesgo

Se aplica la función aleatorio() y buscarv()

Se aplica la función estocástica para determinar la cantidad.

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	cola								
2	prob	probacum	\$ precio	Cantidad					
3	0,12	0	20						
4	0,63	0,12	30						
5	0,25	0,75	40						
6	Pormedio		31,3						
7	Riesgo		5,9422218						
8	Aleatorio		0,6907734						
9	Valor		30	15.121					
10									
11	lima								
12	prob	probacum	\$ precio	Cantidad					
13	0,1	0	20						
14	0,6	0,1	30						
15	0,3	0,7	40						
16			32						
17			6						
18			0,56720677						
19			30	10.828					
20									
21	naranja								
22	prob	probacum	\$ precio	Cantidad					
23	0,3	0	20						
24	0,45	0,3	30						
25	0,25	0,75	40						
26			29,5						
27			7,399324293						
28			0,297358302						
29			20	4.523					
30									
31									

Luego y en función de estos valores se procede al cálculo del Valor Actual Neto, utilizando la función predeterminada del Excel VNA; recuerde que la inversión inicial correspondiente al momento 0, va leteando a esta función.

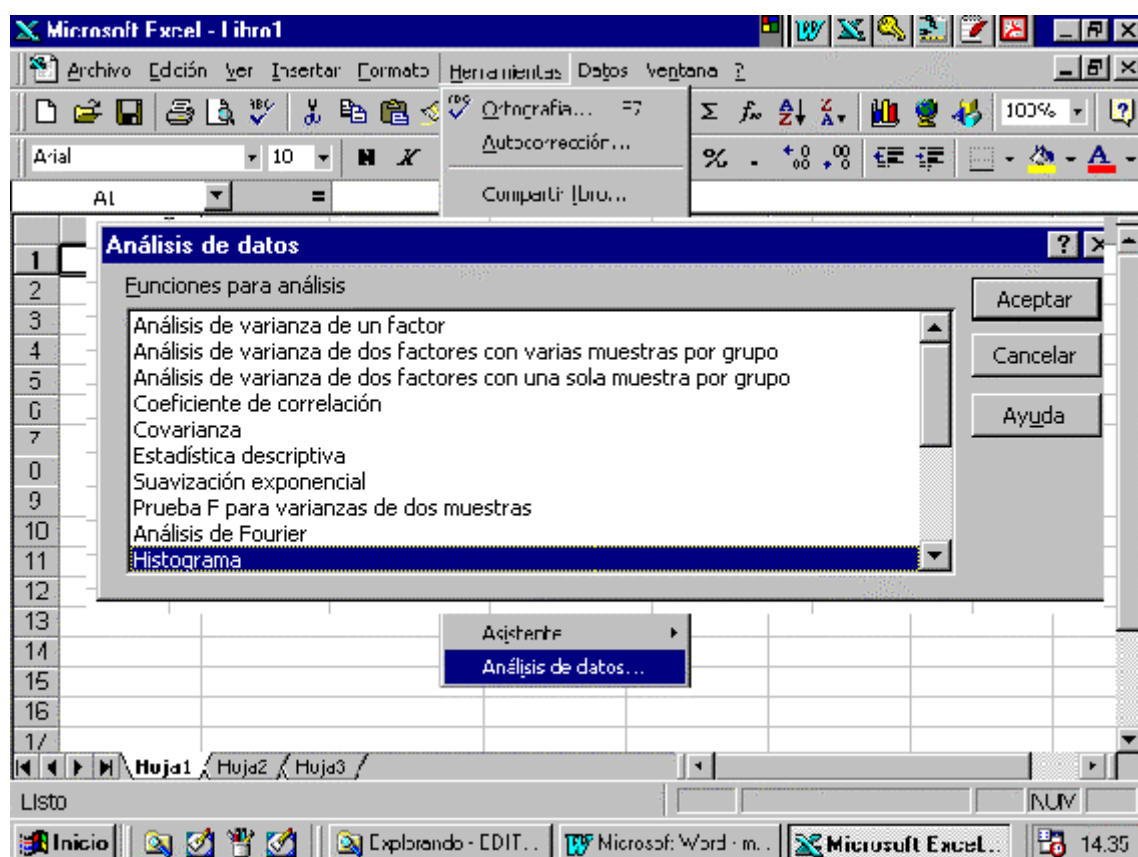
Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?							
	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Ingresos</b>	1384230	1384230	1384230	1384230	1384230	1384230
2							
3	<b>q cola</b>	15357	15357	15357	15357	15357	15357
4	<b>p cola</b>	30	30	30	30	30	30
5	<b>i cola</b>	460710	460710	460710	460710	460710	460710
6	<b>q lima</b>	8236	8236	8236	8236	8236	8236
7	<b>p lima</b>	40	40	40	40	40	40
8	<b>i lima</b>	329440	329440	329440	329440	329440	329440
9	<b>q naranja</b>	14852	14852	14852	14852	14852	14852
10	<b>p naranja</b>	40	40	40	40	40	40
11	<b>i naranja</b>	594080	594080	594080	594080	594080	594080
12							
13	<b>costos</b>	830538	830538	830538	830538	830538	830538
14	<b>amortizacion</b>	45000	45000	45000	45000	45000	45000
15	<b>gastos</b>	172000	172000	172000	172000	172000	172000
16							
17	<b>ganacia oper</b>	336692	336692	336692	336692	336692	336692
18	<b>impuestos</b>	117842,2	117842,2	117842,2	117842,2	117842,2	117842,2
19	<b>ganacia neta</b>	218849,8	218849,8	218849,8	218849,8	218849,8	218849,8
20	<b>flujo neto</b>	263849,8	263849,8	263849,8	263849,8	263849,8	263849,8
21							
22	<b>van</b>	847.511,67 \$	=VNA(datos!D17;C20:V20)-datos!C2				
23							
24							
<div> <div>datos</div> <div>mmc</div> <div>calculo</div> <div>serie de van</div> <div>histograma</div> <div>graficopromedio</div> <div>graficahistogra</div> </div>							

Una vez que se tiene la estructura para el cálculo del Valor Actual Neto, se puede realizar una macro que valla acumulando los registros de cada valor puntual que correspondan al Valor Actual Neto, a medida que se activa la función aleatoria para cada simulación. Además se puede ir calculando los valores correspondientes del promedio y del desvío, a fin de poder estudiar el comportamiento del modelo.



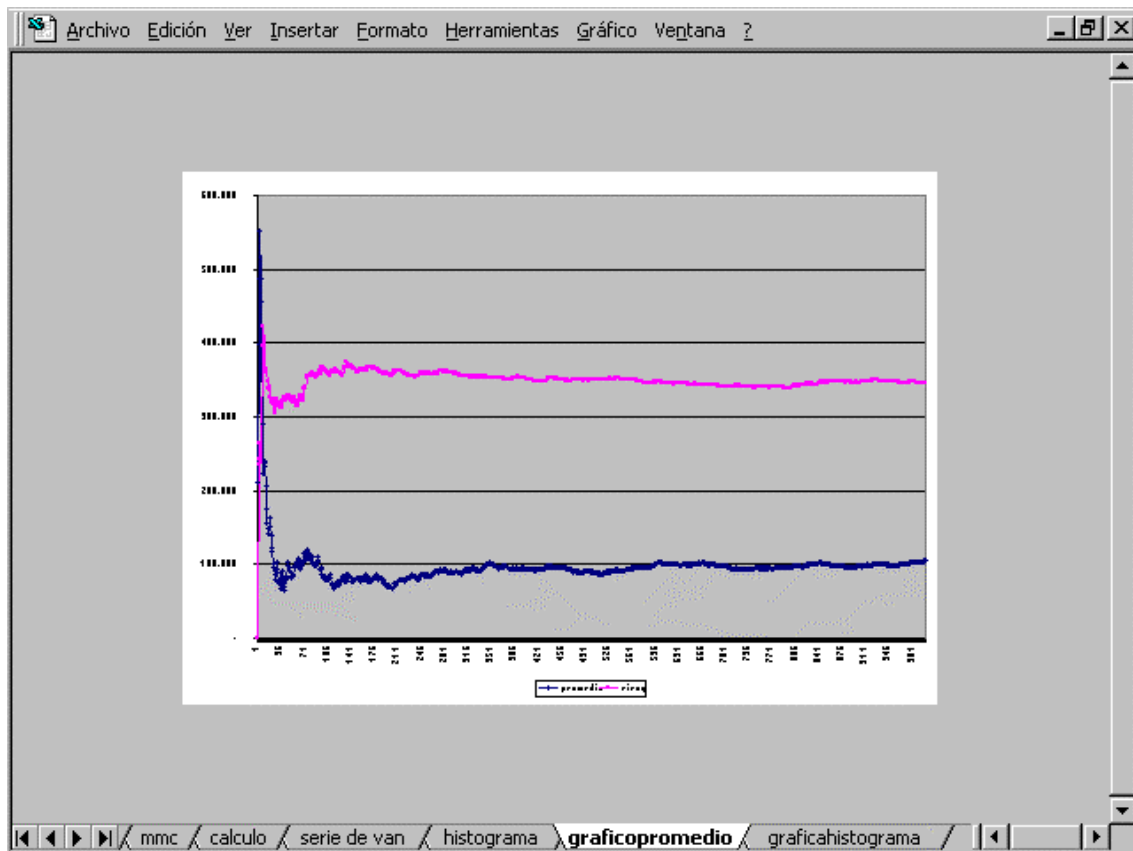
	A	B	C	D	E	F	G
1	registro	van	promedio	riesgo	=PROMEDIO(\$B\$2:B3)		
2	0				=DESVEST(\$B\$2:B3)		
3	1	211.606	211.606	#DIV/0!			
4	2	585.783	398.695	264.583			
5	3	663.928	487.106	241.768			
6	4	746.946	552.066	236.320			
7	5	224.797	486.612	251.607			
8	6	305.680	456.457	236.857			
9	7	82.249	402.998	258.371			
10	8 -	490.200	291.349	396.162			
11	9 -	315.175	223.957	422.138			
12	10	391.608	240.722	401.511			
13	11	218.839	238.733	380.964			
14	12	156.037	231.841	364.019			
15	13 -	112.787	205.332	361.391			
16	14 -	209.925	175.670	364.519			
17	15 -	112.081	156.487	359.031			
18	16	46.620	149.620	347.942			
19	17	29.176	142.535	338.158			
20	18	520.346	163.525	339.933			
21	19 -	81.911	150.607	335.119			
22	20	148.185	150.486	326.182			
23	21 -	63.210	140.310	321.324			
24	22 -	262.361	122.007	325.120			
25	23	43.228	118.582	318.069			

Se puede construir el Histograma correspondiente a los valores del Valor Actual Neto, para ello se recurre a la opción Histograma localizada en el Análisis del datos, que se encuentra en Herramientas del asistente. Utilizando la función de Análisis de datos

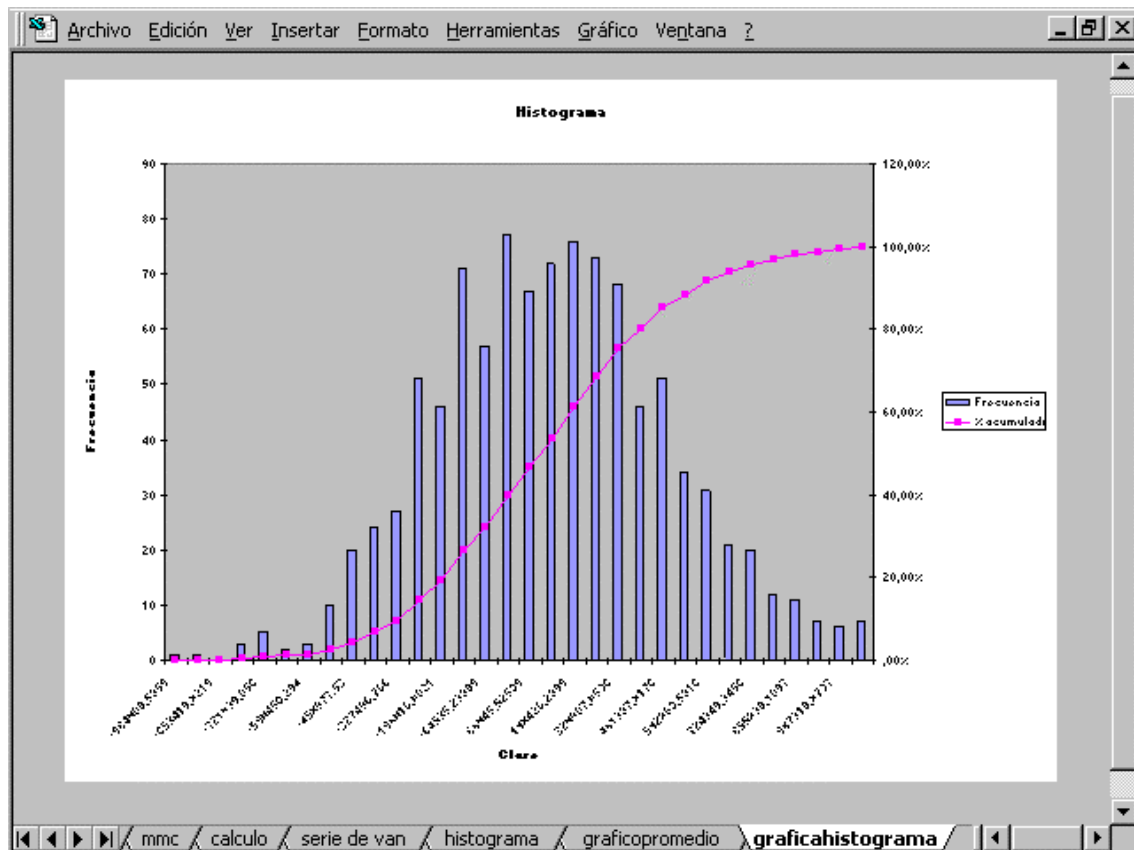


	A	B	C	D	E	F	G
1	Clase	Frecuencia	% acumulado				
2	-984900,586	1	,10%				
3	-919160,204	1	,20%				
4	-853419,822	0	,20%				
5	-787679,44	3	,50%				
6	-721939,058	5	1,00%				
7	-656198,676	2	1,20%				
8	-590458,294	3	1,50%				
9	-524717,912	10	2,50%				
10	-458977,53	20	4,50%				
11	-393237,148	24	6,90%				
12	-327496,766	27	9,60%				
13	-261756,384	51	14,70%				
14	-196016,002	46	19,30%				
15	-130275,62	71	26,40%				
16	-64535,2381	57	32,10%				
17	1205,1439	77	39,80%				
18	66945,5259	67	46,50%				
19	132685,908	72	53,70%				
20	198426,29	76	61,30%				
21	264166,672	73	68,60%				
22	329907,054	68	75,40%				
23	395647,436	46	80,00%				
24	461387,818	51	85,10%				
25	527128,2	34	88,50%				

Con los datos de la tabla que se encuentran el promedio y el riesgo del Valor Actual Neto, se construye el gráfico del Promedio y del desvío muestral por número de simulaciones.



Al construir el Histograma se cuenta con la opción de realizar el gráfico automáticamente y además adicionar el porcentaje acumulado. El resultado se muestra en la siguiente imagen.



## Conclusión.

Cuando se parte de un modelo simple, se cuentan con las herramientas necesarias y se posee el suficiente conocimiento como para poder utilizarlas; el administrador tiene en sus manos todos los elementos que se requieren para poder crear buenos Sistemas de Soporte de Decisiones. En este artículo también se deja demostrando, que no se precisan ni grandes recursos, ni grandes equipos de trabajo para llevar adelante un Proyecto Informático<sup>vvi</sup>

## Bibliografía.

- Adriano Leal Bruni, Rubens Famá, José de Oliveira Siqueira**, Análise Do Risco Na Avaliação De Projetos De Investimento: Uma Aplicação Do Método De Monte Carlo; Caderno de Pesquisas em Administração, Sao Paulo, V.1, Nº6,1º Trim./98.
- Análisis de la rentabilidad de inversiones en la empresa argentina**, Federación Argentina de Consejos Profesionales en Ciencias Económicas, Área Administración, Informe Nº 1, Ediciones Macchi, Buenos Aires 1988.
- Costa Luiz Guilherme Tinoco Aboim e Azevedo**, Marco Correia Lima. Análise Fundamentalista. Rio de Janeiro:FGV/EPGE.1996.
- David B Hertz**, la incertidumbre y el riesgo en la evaluación de proyectos de inversión, Harvard Business Review, enero-febrero 1964, pág. 95.
- Jorge Luis Narváez**, El lado Oscuro de la Estrategia, C&C, Buenos Aires1996
- Marcelo Claudio Perissé**, Proyecto Informático, Buenos Aires 2001 ISBN: 987-43-2947-5.
- Marcelo Claudio Perissé**, Sistema para el Soporte de Decisiones - Una Metodología para su Desarrollo, Aplicación Tributaria Revista Informate, Noviembre 2000.
- Seila, Andrew F. y Banks, Jerry**; Spreadsheer Risk Analysis Using Simulation, 1990

<sup>i</sup> Adriano Leal Bruni, Rubens Famá, José de Oliveira Siqueira, Análise Do Risco Na Avaliação De Projetos De Investimento: Uma Aplicação Do Método De Monte Carlo; Caderno de Pesquisas em Administração, Sao Paulo, V.1, Nº6,1º Trim./98.

- 
- <sup>ii</sup> David B Hertz, la incertidumbre y el riesgo en la evaluación de proyectos de inversión, Harvard Business Review, enero-febrero 1964, pág. 95.
- <sup>iii</sup> David B Hertz, la incertidumbre y el riesgo en la evaluación de proyectos de inversión, Harvard Business Review, enero-febrero 1964, pág. 95.
- <sup>iv</sup> Seila, Andrew F. y Banks, Jerry; Spreadsheer Risk Analysis Using Simulation, 1990
- <sup>v</sup> Marcelo Claudio Perissé, Proyecto Informático, Buenos Aires 2001 ISBN: 987-43-2947-5.
- <sup>vi</sup> Marcelo Claudio Perissé, Sistema para el Soporte de Decisiones - Una Metodología para su Desarrollo, Aplicación Tributaria Revista Informate, Noviembre 2000.