

### 3. Ingeniería Económica

Antes de conocer las técnicas para evaluar financieramente un proyecto de inversión, conviene repasar los principales conceptos de matemática financiera que pueden ser empleados para dicho propósito. A continuación, nos referiremos a las herramientas más comunes, sin ahondar en la determinación de las fórmulas, proceso que puede ser consultado en detalle en libros de ingeniería económica o de matemática financiera.

Las finanzas existen porque existe el dinero, y el dinero cambia de valor en el tiempo. Entonces, empecemos por hablar del concepto del valor del dinero en el tiempo, que se presenta por fenómenos económicos o de mercado, como la inflación, cambios en la oferta y la demanda de productos y servicios, el cambio en los costos de materias primas, que cada vez pueden ser más difíciles de conseguir o producir. Por ejemplo, una persona con \$2.000 que disponga hoy no va a poder comprar la misma cantidad de productos dentro de un año: siguen siendo los mismos \$2.000 pero la cantidad de productos que pueda comprar con esos \$2.000 tal vez sea menor; entonces, eso hace que el dinero llegue a perder valor e impulsa a que las personas, cuando hacen operaciones con dinero, quieran protegerse de esa pérdida y le asignan un valor a esas operaciones a través de una tasa de interés. Esa tasa de interés, lo que busca es tratar de cubrir ese menor del valor del dinero y también el riesgo de perderlo. Adicionalmente, es posible que algunas personas, no solo quieran cubrir con la tasa la pérdida por inflación, sino también generar algún beneficio adicional.

Por lo tanto, la tasa de interés es el mecanismo mediante el cual una persona o empresa puede lograr mantener el poder adquisitivo de su dinero y generar algún beneficio adicional.

Esto último es importante porque, el solo hecho de que las empresas aumenten sus ingresos a raíz de la inflación, no significa que estén cumpliendo con su objetivo de generar valor.

Teniendo claras las razones por las cuales el dinero cambia de valor en el tiempo, pasemos a mirar los efectos que dicho cambio de valor tiene en las empresas y en los proyectos.

Las tasas de interés afectan a las empresas cuando estas se endeudan, porque las puede llevar a desembolsos por intereses que pueden ser mayores dependiendo de la magnitud de la tasas. Por supuesto, eso es un costo que se tiene que cubrir con las utilidades. Todo lo que soporta esos costos es el activo de la empresa, porque dichos activos deben generar utilidades suficientes para cubrir todos los costos.

En el capítulo 1 se insistió en que la empresa genera valor si la rentabilidad del activo es superior al costo de financiación y tanto la rentabilidad del activo, como el costo de la financiación se miden a través de tasas, que se pueden analizar con las herramientas de la ingeniería económica. De igual modo, para evaluar un proyecto es necesario aplicar dichas herramientas para determinar la viabilidad del mismo.

Recordamos, una vez más, las variables que se tienen en cuenta para la toma de decisiones financieras en las empresas, las cuales son el riesgo, la rentabilidad y la liquidez.

Se insiste en hablar de riesgo porque cuando el inversionista percibe que existe menor probabilidad de perder su dinero, es posible que tenga una menor expectativa de retorno, y no va a exigir tanta rentabilidad como sí la podría exigir si considera

que hay mayor probabilidad de pérdida de su inversión. Una vez más se enfatiza el concepto de que a mayor riesgo se exigen mayores tasas de rentabilidad.

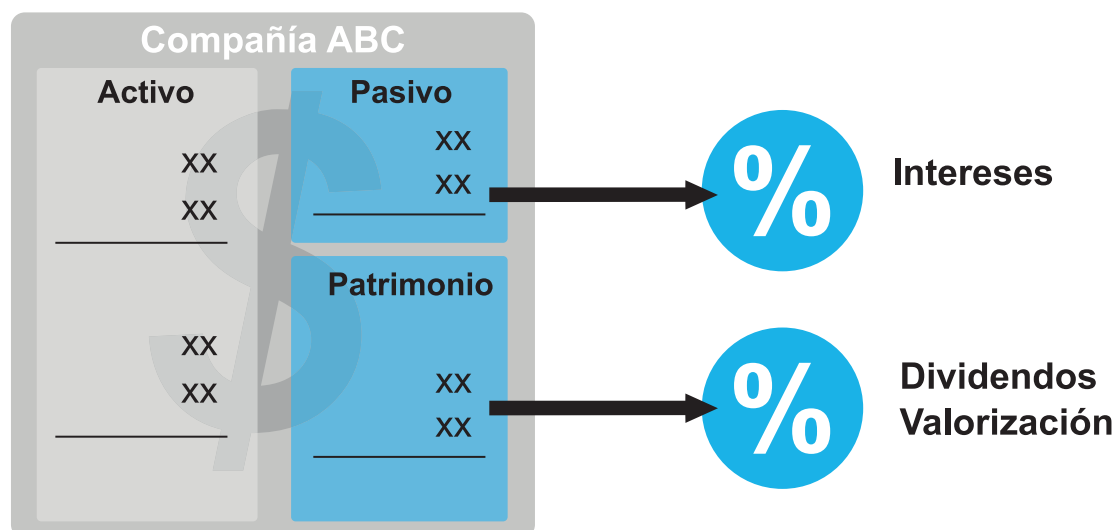


Figura 10. Algunos efectos del valor del dinero en la empresa / Fuente: Elaboración propia

Así como el valor del dinero en el tiempo se ve afectado por el riesgo también se ve afectado por la liquidez, pues si se percibe que la inversión es muy líquida se puede entender que no es tan riesgosa, entonces, se va a tener más dinero disponible para hacer cualquier operación, pero cuando las

operaciones son más riesgosas dejan menor liquidez, se va a tener menos dinero disponible para hacer alguna inversión. Esos elementos combinados van a ser los que inciden en una decisión de tasa de inversión o de financiación.

### 3.1 El interés Simple

Lo más básico al analizar el valor del dinero, es la construcción de un flujo, el cual no es otra cosa que una línea de tiempo sobre la que se colocan flechas hacia abajo que representan salidas de dinero y flechas hacia arriba que representan entradas, como se aprecia en la Figura 11.



Figura 11. Representación de Flujo de dinero en el tiempo / Fuente: Elaboración propia

Veamos un ejemplo sencillo: una persona le presta a un amigo 1.000 dólares, esa persona en su flujo de recursos va representar ese préstamo como una salida de dinero. Tres meses después, el amigo, en agradecimiento, le devuelve 1.100 dólares, que serían una flecha hacia arriba para representar la entrada. A los 1.000 dólares iniciales podemos llamarles presente (P), algunos autores lo llaman valor presente, otros lo llaman valor inicial o valor actual, cualquiera de esos nombres es válido. Al número de meses los vamos a llamar plazo o duración, que es el número de periodos que pasan desde el desembolso de los recursos hasta su recuperación. Y, a los 1.100 dólares los vamos a denominar futuro (F) qué es el valor que va a recuperar la persona al finalizar el plazo. La Figura 12, representa los elementos mencionados.



Figura 12. Flujo de la inversión / Fuente: Elaboración propia

Si comparamos los 1.100 que se obtienen en el futuro, con los 1.000 que se invirtieron al inicio, encontramos una diferencia de 100. Es decir, se obtiene una utilidad de 100. A esa utilidad, en términos de dinero, lo llamamos intereses. Es igual a lo que ocurre cuando se crea una empresa: se hacen unos aportes y, un tiempo después, se revisa si ese valor ha crecido, a esto se le llama utilidad o beneficio, pero cuando estamos hablando de dinero, no de empresa, solamente flujo dinero, a esa utilidades la llamamos interés y ya dijimos que dicho interés se

calcula, sencillamente, tomando el valor futuro y restándole el valor presente. Con esto ya tenemos la primera fórmula básica de matemática financiera: Interés (I) = Futuro (F) – Presente (P). Que se comprueba en detalle en la Figura 13:

$$I = F - P$$

$$I = \$1.100 - \$1.000$$

$$I = \$100$$

Figura 13. Fórmula de Interés / Fuente: Elaboración propia

Ahora, podemos tomar esos \$100 de utilidad, que hemos llamado interés, y lo podemos comparar con el valor de la inversión inicial, dividiéndolo en ella y lo multiplicamos por 100 (esto último, para expresar el resultado en porcentaje, si hacemos la operación en una hoja electrónica no es necesario, pues se puede configurar el programa para que muestre el resultado en formato porcentual), esta operación, arroja un valor del 10%, que es lo efectivamente ganado en el plazo de 3 meses. Si se sustituyen los valores por las letras asignadas a cada término, encontramos una segunda fórmula. En el numerador está el interés ganado, en el denominador está el valor presente y esa sencilla razón es lo que conocemos como tasa, que se representa con una letra “i” cursiva, como se muestra en la Figura 14:

$$i = \frac{I}{P} = \frac{\$100}{\$1.000}$$

$$i = 10\% \text{ et pt TV}$$

Figura 14. Cálculo de interés efectivo periódico / Fuente: Elaboración propia

En este caso, decimos que esta persona obtuvo una tasa del 10% efectiva trimestral (et) que también se puede conocer como periódica trimestral (pt). La misma puede recibir diferentes nombres, dependiendo de la jurisdicción en la que nos encontremos; por ejemplo, en Colombia se le suele llamar trimestre vencido (TV); esto puede generar confusión entre algunos usuarios financieros, porque las letras mayúsculas, normalmente, se usan para referirse tasas anuales, no para tasas de menos de un año, que suelen expresarse con minúsculas. Por ejemplo, si se revisa el extracto de una tarjeta de crédito, puede aparecer una tasa del 2,3% MV (mes vencido); el nombre más adecuado sería “e.m” efectivo mensual. Esto es importante porque nos va a servir para comparar tasas dependiendo su periodicidad.

Si tomamos el ejemplo que acabamos de ver y lo desagregamos por sus componentes, como se observa en la Figura 15, la tasa del 10%, que resultó de dividir el interés sobre

valor presente, la podemos despejar de una forma muy sencilla, pasando el denominador a multiplicar al otro lado de la igualdad, obtenemos que el interés es igual a la tasa multiplicada por la inversión inicial, o valor presente y, con esto, tenemos que el interés, o la utilidad que se obtiene por el dinero, es igual al valor presente multiplicado por la tasa. Esto lo comprobamos con los datos iniciales: el valor presente de 1.000 dólares, se multiplica por el 10% efectivo trimestral. Al ponerlo en una fórmula, lo común es expresarlo en notación decimal, es decir 10% = 0,1 (en esto se debe tener cuidado, porque a veces se escribe, erróneamente, como 0,01).

$$i = \frac{I}{P}$$

$$i \times P = I$$

$$I = P \times i$$

$$I = \$1.000 \times 10\% \text{ et}$$

$$I = \$1.000 \times 0,1$$

$$I = \$100$$

Figura 15. Cálculo del Interés a partir de la tasa / Fuente: Elaboración propia

Es decir, se obtienen los \$100 que habíamos descrito al inicio.

Ya hemos dicho que los 3 meses pueden ser llamados un trimestre, si le agregamos esa notación de trimestre a la fórmula, entonces podemos decir que el interés es igual al valor presente, por la tasa, por el número de periodos (n). Se pueden obviar los signos de multiplicación y nos queda un nemotécnico muy fácil de recordar: “Pin”. Todo esto se aprecia en la Figura 16.

$$I = P \times i \times n \longrightarrow I = P i n$$

$$I = \underset{P}{\$1.100} \times \underset{i}{0,1} \times \underset{n}{1 \text{ trimestre}}$$

$$I = \$100$$

Figura 16. Cálculo del interés de un período con la fórmula “Pin”  
Fuente: Elaboración propia

De lo anterior, se puede concluir que, si se desea ganar más, es decir obtener un interés más alto, se debe invertir más, cobrar una tasa mayor, mantener la inversión por más tiempo o lograr una combinación de estas tres alternativas; sin olvidar que, cualquiera de ellas viene acompañada de un nivel de riesgo, como se ha venido explicando. Veamos el caso de aumentar la duración, usando el mismo ejemplo, pero

esta vez la persona le hace el préstamo a su amigo a un plazo de cuatro trimestres. Es decir, la persona va a tener que esperar un año para recuperar su inversión, pero a cambio, el amigo le pagará un interés del 10% cada tres meses. La Figura 17 muestra el comportamiento de esta inversión. Por supuesto, en el cuarto trimestre, aparte de los \$100 de intereses, la persona recuperará los \$1.000 que había prestado:



Figura 17. Inversión a cuatro trimestres / Fuente: Elaboración propia

Lo que hemos construido acá es un ejercicio de interés simple donde tenemos una inversión que se hace a un período de un año y se pactan trimestres para hacer los pagos. La persona le dice a su amigo “le prestó \$1.000 pero me los devuelve en un año y necesito que cada tres meses me pague los intereses”. Al finalizar el primer trimestre recibe \$100, al finalizar el segundo trimestre recibe otros \$100, al finalizar el tercer trimestre recibe otros \$100 (aún no le han devuelto el capital), al finalizar el cuarto trimestre recibe otros \$100. En últimas, la persona recibe un total de \$400 en todo el tiempo que le tiene prestados los recursos a su amigo. Este valor se obtiene con la fórmula antes vista “Pin”: el interés es igual al presente, que es 1.000, multiplicado por la tasa, que es 10%, multiplicado por el plazo, que es 4 trimestres, como se aprecia en la Figura 18:

$$I = \$400$$

$$I = P \cdot i \cdot n$$

$$I = \frac{\$1.100}{P} \times 0,1 \times 4 \text{ trim}$$

Figura 18. Cálculo del interés anual con la fórmula “Pin”  
Fuente: Elaboración propia

La otra cuestión de análisis es que calculemos la tasa anual. Acabamos de hablar de tasas efectivas periódicas, distinguiéndolas con una “i” cursiva. Ahora, para no confundirnos, vamos a denominar la tasa anual con una “jota”. En conclusión, llamamos “i” a la efectiva periódica y “jota” a la anual. En realidad, eso no importa mucho, porque nos vamos a dar cuenta que, por la magni-

tud de la tasa, es fácil diferenciar si es una tasa anual o inferior. Entonces, tenemos los \$400 que se reciben de intereses en todo el año, divididos en los \$1.000 que fue el valor de la inversión inicial, esto nos da un total de un 40% Nominal Anual Trimestre Vencido (NATV), como se aprecia en la Figura 19.

$$j = \frac{I}{P}$$

$$j = \frac{\$400}{\$1.000}$$

$$j = 40\% \text{ NATV}$$

Figura 19. Cálculo de la tasa nominal anual  
Fuente: Elaboración propia

Hemos puesto un “apellido” largo, para ser muy claros. Vamos a ver, paso a paso, qué significa ese apellido: se trata de una tasa nominal, porque es la que se menciona o “nombra”, que es anual, precisamente porque el período que estamos analizando es de un año (toda la línea horizontal completa) y que es trimestre vencido, porque se pagan los intereses cada vez que se vence un trimestre. Este es el concepto de una tasa nominal, y es el fundamento del interés simple. Para aterrizar un poco más el concepto, vale recordar que, desde el principio dijimos que el interés era igual al valor futuro menos el valor presente. Entonces, despejando esa fórmula podemos decir que el futuro será igual al valor presente más los intereses.

$$I = F - P$$

$$F = P + I$$

$$F = P + P \cdot i \cdot n$$

$$F = P \times (1 + i \cdot n)$$

$$F = 1.000 \times (1 + (0,1 \cdot 4))$$

Figura 20. Despeje de fórmula para calcular el valor futuro  
Fuente: Elaboración propia

Suponiendo que no se sabe cuánto va a ser el valor futuro y no se construye un gráfico como antes para calcularlo, se puede averiguar dicho valor futuro aplicando la fórmula anterior, detallando sus componentes, como se aprecia en la Figura 20.

Lo anterior arroja, por supuesto, \$1.400, que se compone de \$1.000 de inversión inicial más \$400 de intereses recibidos a lo largo del año.

Los ejemplos hasta aquí vistos muestran el comportamiento de inversiones sometidas a **interés simple**. Se hizo una explicación algo extensa debido a que su comprensión es fundamental para entender mejor el interés compuesto, que es el más usado en el mundo empresarial y, particularmente, en los proyectos de inversión, el cual veremos a continuación.

## 3.2 El Interés Compuesto

La diferencia entre el interés simple y el compuesto, es que en el simple no se capitalizan los intereses, mientras que en el compuesto sí. Vamos a verlo valiéndonos del mismo ejemplo que veníamos manejando. Tenemos un valor presente de \$1.000, a un plazo de cuatro trimestres, a una tasa del 10% efectiva trimestral (et). La persona que presta el dinero no recibe los intereses cada trimestre, sino que los suma al valor que le están adeudando, con el fin de recibir un pago único al finalizar el plazo de un año (cuatro trimestres). Es decir, por el primer trimestre le están debiendo \$1.000, cuando finalice ese primer periodo le deberían pagar unos intereses de \$100, que resultan de multiplicar \$1.000 por el 10%, pero como la persona no desea recibir el dinero de a poco, sino que quiere dejarlo invertido hasta el final, entonces el amigo le queda debiendo \$1.100, compuesto por los \$1.000 iniciales más los \$100 de intereses de ese primer trimestre. Es decir, ahora el nuevo capital es de \$1.100.

Cuando llegue el segundo trimestre se calculan los intereses de ese segundo periodo, que son \$110, los cuales resultan de multiplicar \$1.100 por el 10%. Una vez más, la persona no recibe esos \$110 sino que pide que se los acumulen con los \$1.100 que le vienen debiendo. Por lo tanto, ahora le quedan debiendo \$1.210. Es decir que, durante el tercer trimestre, el amigo tendrá en sus manos \$1.210 de la persona. De tal modo que, al finalizar ese tercer trimestre, se calculan los intereses que arrojan \$121, los cuales resultan de multiplicar \$1.210 por el 10%. Nuevamente, como aún no se ha terminado el año de plazo pactado, esos \$121 de intereses se le suman a los \$1.210,



quedando un nuevo capital de \$1.331. Al finalizar el cuarto trimestre se liquidan los intereses del 10% sobre el capital adeudado de \$1.331, lo cual arroja \$133,1. Este último valor debe ser pagado por el deudor en esa fecha final, junto al capital adeudado, lo que suma un total de \$1.464,1. Esto último coincide con el término que habíamos explicado al inicio que es un valor que la persona va a recibir en el futuro. Así que, llegamos a la conclusión que los \$1.000 la persona prestó en el período cero, llevados a valor futuro, un año después (4 trimestres), equivalen a \$1.464,1. Todo lo anterior se puede apreciar el flujo de la inversión que se presenta en la Figura 21.

Una cosa interesante es que utilizamos la misma tasa del 40% Nominal Anual Trimestre Vencido, la cual dividimos en cuatro periodos, que arroja un 10% efectivo trimestral. Y ese 10% fue aplicado a cada periodo, igual que en el ejercicio de interés simple. Lo que cambia es que aquí estamos acumulando los intereses con el capital original, es decir, estamos capitalizando los intereses. Este fenómeno de capitalizar el interés, es lo que origina el concepto de interés compuesto por que cada vez que se liquida el interés se compone un nuevo capital.

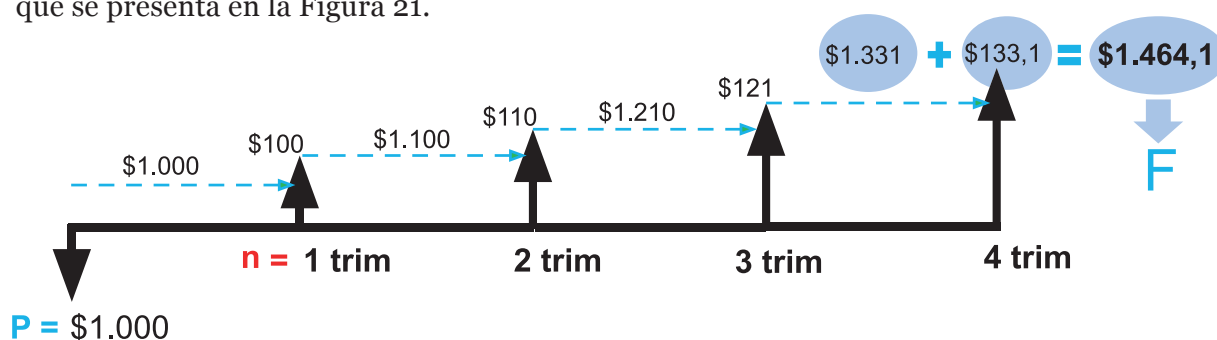


Figura 21. Flujo con acumulación de intereses / Fuente: Elaboración propia

Ya se concluyó que el resultado que nos da el valor final o valor futuro es de \$1.464,1. Si recordamos la fórmula de interés, que fue la primera que vimos, se dijo que el interés es igual al valor futuro menos el valor presente. Aplicando esa fórmula a los resultados obtenidos tenemos que: el valor futuro es \$1.464,1 y el valor presente son los \$1.000; la diferencia entre esos dos valores arroja un total de intereses de \$464,1; es decir, esa es la utilidad o el interés ganado. Ese interés se ganó en un año (cuatro trimestres) si ese valor de \$464,1 lo colocamos en la fórmula en cuestión, tenemos que la tasa es igual al interés, dividido en el valor presente, lo que arroja un 46,41%. Esa es la tasa que efectivamente ganó la persona en un año. Por eso se llama tasa Efectiva Anual (EA), como se aprecia en la Figura 22.

**“El fenómeno de capitalizar el interés, es lo que origina el concepto de interés compuesto por que cada vez que se liquida el interés se compone un nuevo capital”.**



$$I = F - P$$

$$I = \$1.464,1 - \$1.000 = \$464,1$$

$$i = \frac{I}{P} = \frac{\$464,1}{\$1.000} = 46,41\% \text{ EA}$$

Figura 22. Cálculo de la tasa efectiva anual / Fuente: Elaboración propia

Esa es la diferencia entre una tasa efectiva, una tasa nominal y una tasa periódica. Podemos resumir diciendo que habíamos iniciado con un 10% efectivo trimestral, luego lo convertimos anual y dijimos que un 10% trimestral es igual a un 40% anual; pero, ahora estamos afirmando una nueva cosa: estamos diciendo que esas tres tasas son iguales, que un 10% es igual a un 40% y a su vez esto es

igual a un 46,41%. Puede sonar absurdo, pero sí es posible afirmar que esas tasas son iguales, siempre y cuando les agreguemos los apellidos, y llegamos a la conclusión que dos tasas son equivalentes cuando, teniendo diferente magnitud y diferente apellido generan en el mismo valor futuro, como se resumen en la Figura 23.

$$10\% \text{ et} = 40\% \text{ NACTV} = 46,41\% \text{ EA}$$

Figura 23. Comparación de tasas / Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, dijimos que el 10%, cuando se pone trimestralmente cuatro veces en el año y se acumulan los intereses con el capital, arroja el mismo resultado que una tasa del 46,41% Efectiva Anual. Es lo mismo que 40% dividido en 4 (número de periodos que tiene el año) es igual a 10%, o sea que se puede decir, sin asomo de duda, que esas dos tasas son equivalentes. Lo que pasa es que una es de un año y la otra es de un período trimestral. Cabe señalar que hemos puesto una denominación bastante larga a la tasa

del 40%NACTV, para hacer énfasis en que se trata de una tasa Nominal, porque es la que se “ nombra ” o pacta para analizar el negocio; Anual, porque el período básico de análisis es un año; Capitalizable, para indicar que se deben acumular los intereses; Trimestral, porque son los periodos en los que se liquidan los intereses; Vencido, porque los intereses se liquidan al finalizar cada período. Sin embargo, en la práctica, este nombre se suele abreviar con 40%NTV.

Entre la equivalencia del 10%et y el 40%NTV no hay mayor discusión. Donde puede caber la duda es en la última tasa obtenida del 46,41%EA: ¿Cómo es posible que 46,41% sea igual a 40%? Recordemos que en interés simple habíamos dicho que la fórmula básica de valor futuro es  $F = P (1 + in)$ . En interés compuesto hay que hacerle una variación a la fórmula para eso hay una explicación matemática un poco extensa que no nos detendremos a explicar ahora. Las dos fórmulas se pueden apreciar en la Figura 24.

En interés compuesto, el número de periodos no multiplica, sino que es una potencia, lo que representa la acumulación del interés. Esa es la fórmula básica de la matemática financiera si solamente aprendes esta fórmula ya sabes matemática financiera, la mayoría de ejercicios se resuelven con ella.

**“Esta es la fórmula básica de la matemática financiera con interés compuesto:  
 $F = P * (1 + i)^n$   
Si solamente aprendes esta fórmula ya sabes lo necesario de matemática financiera, la mayoría de ejercicios se resuelven con ella”.**

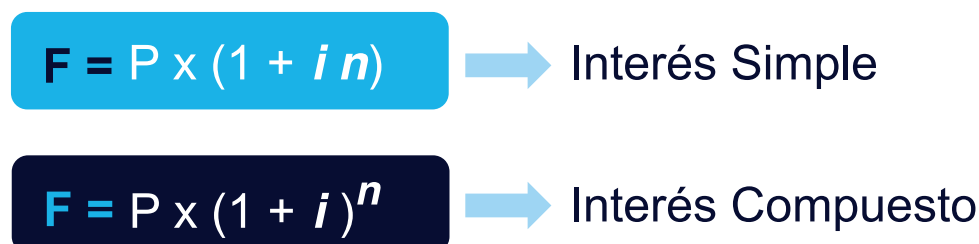


Figura 24. Fórmulas de valor futuro con interés simple y compuesto / Fuente: Elaboración propia

Vamos a comprobar si con esa fórmula obtenemos ese valor futuro. Vale recordar que en esta fórmula solamente se puede trabajar con tasas periódicas, no se puede trabajar con tasas anuales nominales. Así que vamos a utilizar el 10% efectivo trimestral, pues se dijo que la tasa nominal era del 40% y el plazo son 4 trimestres. Lo expresamos en notación decimal para que sea más fácil de entender. Luego, vamos a ver cuántos periodos hay en un año: cuatro. Esa es la única

pregunta que tenemos que hacernos ¿cuántos periodos trimestrales caben en un año?: cuatro. Si fueran meses ¿cuántos periodos mensuales caben en un año?: doce. Si fueran semestres ¿cuántos periodos semestrales caben un año?: dos. Si fueran bimestres, ¿cuántos periodos bimestrales caben en un año?: seis. Si fueran quincenas, ¿cuántos periodos quincenales caben en un año?: 24. Vamos a reemplazar los datos en la fórmula, lo cual se aprecia en la Figura 25:

$$F = P \times (1 + i)^n$$

$$F = 1.000 \times (1 + 0,1)^4$$

$$F = 1.464,1$$

Figura 25. Aplicación de Fórmula de Valor Futuro con Interés compuesto  
Fuente: Elaboración propia

La conclusión es que las tasas nominales son la base del interés simple y las tasas efectivas son la base del interés compuesto. Por ello, se recomienda ser cuidadoso a la hora de pactar tasas, pues si se hace de manera nominal, se debe tener presente que la tasa efectivamente pagada será mayor.

Vamos a ver otro ejemplo: Hallar el Valor Futuro de \$80.000 en 3 años a una tasa del 16,00% NACTV (Nominal Anual Capitalizable Trimestre Vencido, que seguiremos llamando NTV):

Análisis:

$P = \$80.000$

$J = 16\% \text{NTV}$

$n = 3 \text{ Años}$

$F = ?$

**Solución:** Lo primero que debemos tener claro es que, para que funcione la fórmula, debe haber una congruencia entre la tasa y los periodos. Es decir, si expresamos la tasa en trimestres, los periodos también se deben expresar en trimestres. Aquí nos informan una tasa anual entonces no la podríamos colocar en la fórmula, porque ya dijimos que en la misma solamente se pueden usar tasas periódicas. Entonces lo que

debemos hacer es dividirla, como hicimos con el 40% en el ejercicio anterior, lo dividimos en cuatro porque había cuatro trimestres. Aquí se hace lo mismo, el 16% NTV se divide en cuatro, porque en un año caben cuatro periodos trimestrales, aplicando la siguiente fórmula:

$$i = \frac{j}{m}$$

**Dónde:**

$i$  es la tasa del período, en este caso trimestres.

$j$  es la tasa nominal anual.

$m$  es la cantidad de periodos que caben en un año.

$$i = \frac{0,16}{4} = 4\% \text{TV o et}$$

Ya tenemos la tasa en trimestres, pero la duración está en años y ya dijimos que, si la tasa está en trimestres, la duración o plazo también tiene que estar expresada en trimestres. Por lo tanto, debemos averiguar cuántos de dichos periodos ocurren durante toda el plazo. Si en un año hay cuatro trimestres, en tres años hay 12 trimestres. Todo esto se puede presentar de manera gráfica como se observa en la siguiente Figura 26:

**“Las tasas nominales son la base del interés simple y las tasas efectivas son la base del interés compuesto”.**

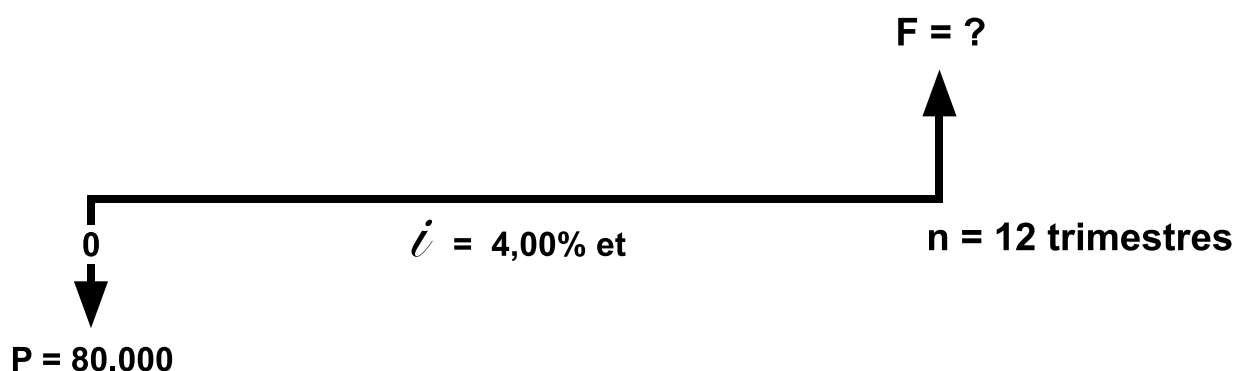


Figura 26. Representación gráfica de ejercicio de valor futuro / Fuente: Elaboración propia

Reemplazando los valores en la fórmula básica de interés compuesto, tenemos:

$$F = P \times (1 + i)^n$$

$$F = \$80.000 \times (1 + 0,04)^{12}$$

$$F = \$128.082,58$$

Hemos resuelto el ejercicio con fórmulas, pero también se puede hacer en una hoja electrónica con una función llamada VF (Valor Futuro), como se aprecia en la Figura 27:

B5		✕		✓		fx		=VF(B2;B3;;B1)		
		A				B				
1	Valor Presente (P)					-\$ 80.000,00				
2	Tasa					4% et				
3	Plazo					12 Trimestres				
4										
5	Valor Futuro					\$ 128.082,58				

Figura 27. Cálculo de Valor Futuro en hoja electrónica / Fuente: Elaboración propia

**NOTA:** En la celda B2 aparece el 4% acompañado de la expresión “et” y en la celda B3 aparece el número 12 acompañado de la expresión “trimestral”, esto se logra con la opción de “formato de celda” del menú contextual que se activa oprimiendo clic secundario sobre la celda deseada, como se aprecia en la figura 28.

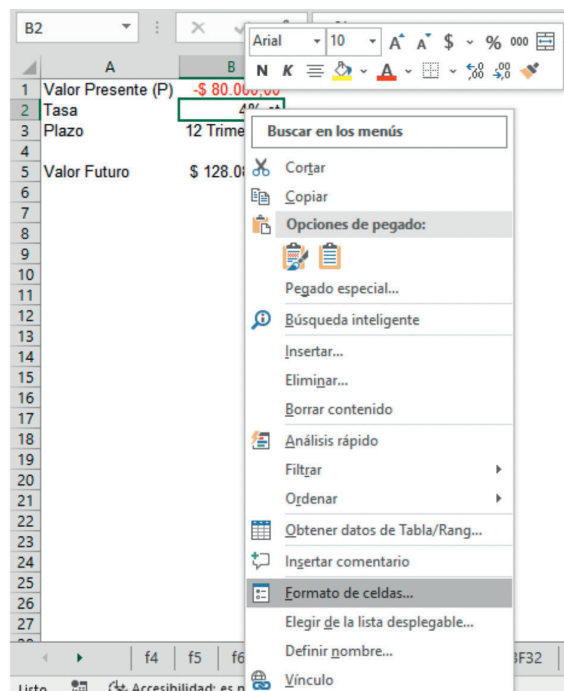
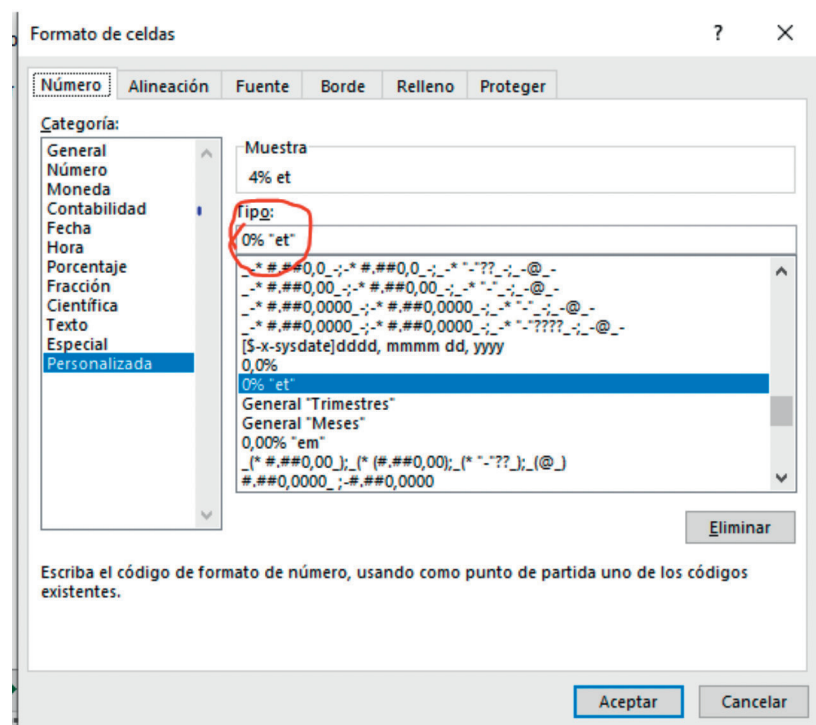


Figura 28. Despliegue de menú contextual / Fuente: Elaboración propia



Al hacer clic sobre la opción “formato de celda”, aparece una ventana emergente como la que se aprecia en la Figura 29:

Figura 29. Ventana emergente de formato de celdas / Fuente: Elaboración propia

En la pestaña “Número” se selecciona la Categoría “Personalizada”, una vez allí, en la sección “Tipo” se coloca entre comillas el texto que deseamos se visualice en la celda. Con este procedimiento, la celda sigue siendo un valor numérico, el cual se puede continuar usando en fórmulas y funciones, pero le hemos dado un formato acorde a la necesidad.

Volviendo a la Figura 27, en la celda “B5” se introdujo la función =VF(B2;B3;B1), como se aprecia en la barra de fórmulas. Los datos separados por punto y coma son los argumentos de la función. Si se oprime el ícono de función (fx), indicado con un círculo rojo, se despliega una ventana emergente donde se aprecian los argumentos de la función, como se muestra en la Figura 30:

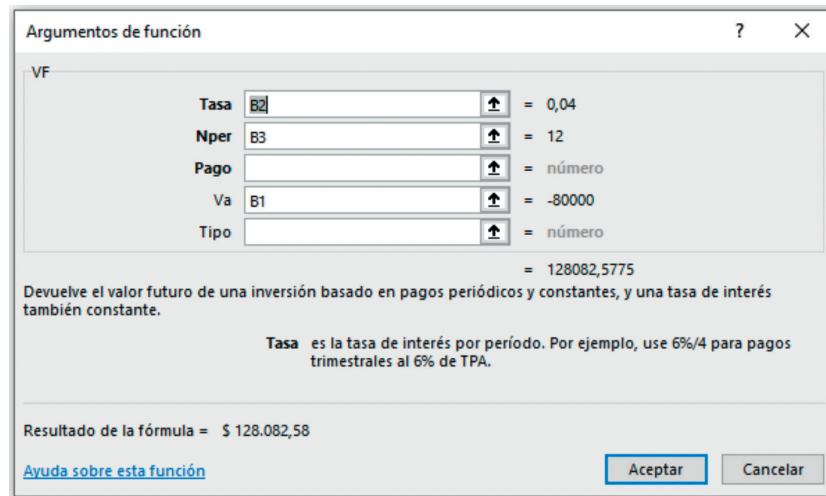


Figura 30. Argumentos de la función VF / Fuente: Elaboración propia

La función solo requiere tres de los cinco argumentos, los cuales se pueden digitar manualmente o tomarlos de las celdas donde se digitaron previamente, como se hizo en este caso. Se debe tener presente, que en la celda “B1” se digitó el valor presente con signo negativo, para indicar que se trata de una salida de dinero y, por ello, se obtiene como resultado un valor futuro positivo, que representa una entrada de dinero.

Ahora, veamos un caso donde se requiere encontrar un valor presente: En la realización de un proyecto se requerirá adquirir una maquinaria que se estima costará \$4.000.000 dentro de 2 años. ¿Cuál es la cantidad que debe depositarse hoy en una cuenta que garantiza pagar el 20%NMV?

#### Análisis:

**P = ¿?**

**J = 20%NMV**

**n = 2 Años**

**F = \$4.000.000**

**Solución:** Primero se convierte la tasa a periódica, dividiendo el 20%NMV en los doce periodos (meses) que tiene un año y se obtiene un 1,67%em o MV, luego los años se expresan en meses: un año tiene 12 meses, dos años tienen 24 meses. Todo esto se puede presentar de manera gráfica como se observa en la Figura 31:

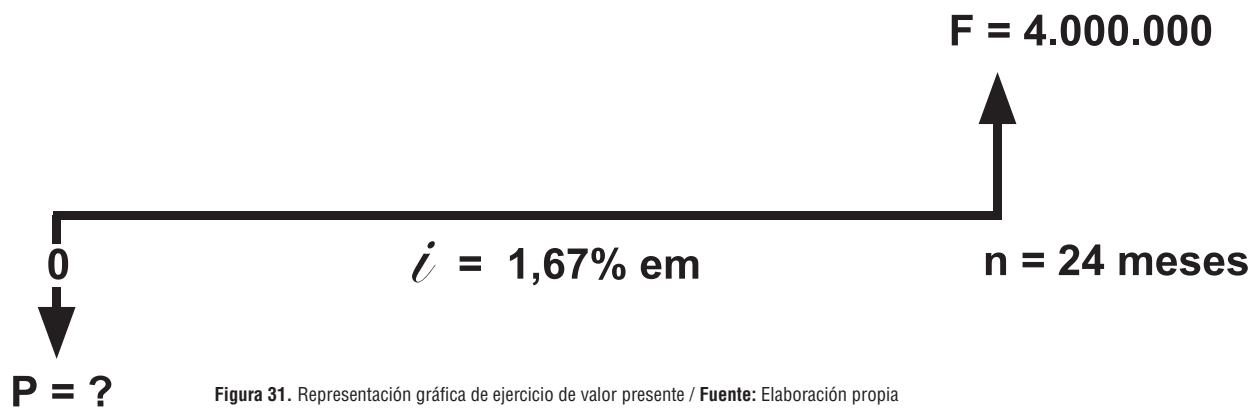


Figura 31. Representación gráfica de ejercicio de valor presente / Fuente: Elaboración propia

Reemplazamos los valores en la fórmula básica de interés compuesto, tenemos:

$$F = P \times (1 + i)^n$$

$$\$4.000.000 = P \times (1 + 0,0167)^{24}$$

$$P = \frac{4.000.000}{(1+0,0167)^{24}}$$

$$P = \$2.690.137,29$$

También se puede resolver en una hoja electrónica con una función llamada VA (Valor Actual), como se aprecia en la Figura 32:

B1		=VA(B2;B3;;B5)
	A	B
1	Valor Presente (P)	-\$ 2.690.134,29
2	Tasa	1,67% em
3	Plazo	24 Meses
4		
5	Valor Futuro (F)	\$ 4.000.000,00

Figura 32. Cálculo de Valor Presente en hoja electrónica / Fuente: Elaboración propia

En el siguiente ejemplo se explica cómo calcular una tasa: un inversionista compra acciones por \$90.000 y las vende 16 meses después en \$110.000 ¿Cuál fue su rentabilidad mensual?



**Análisis:**

$$P = \$90.000$$

$$i = ?$$

$$n = 16 \text{ meses}$$

$$F = \$110.000$$

**Solución:** todo esto se puede presentar de manera gráfica como se observa en la Figura 33:

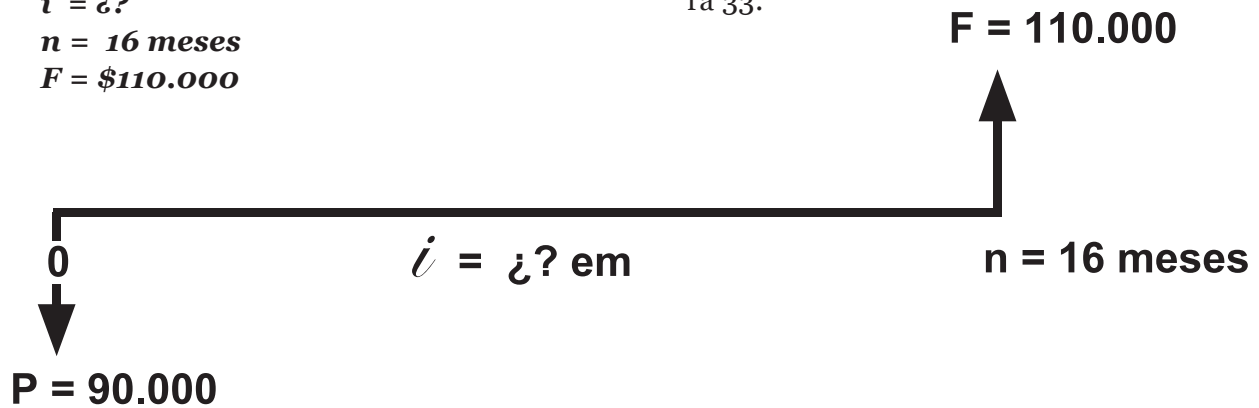


Figura 33. Representación gráfica de ejercicio de tasa / Fuente: Elaboración propia

Reemplazamos los valores en la fórmula básica de interés compuesto, tenemos:

$$F = P \times (1 + i)^n$$

$$110.000 = 90.000 \times (1 + i)^{16}$$

$$\left( \frac{110.000}{90.000} \right) = (1 + i)^{16}$$

Para eliminar el exponente lo multiplicamos por su inverso. Esto se debe hacer a ambos lados de la ecuación:

$$\left( \frac{110.000}{90.000} \right)^{\left( \frac{1}{1} \times \frac{1}{16} \right)} = (1 + i)^{16 \left( \frac{16}{1} \times \frac{1}{16} \right)}$$

$$\left( \frac{110.000}{90.000} \right)^{\left( \frac{1}{16} \right)} = 1 + i$$

$$\left( \frac{110.000}{90.000} \right)^{\left( \frac{1}{16} \right)} - 1 = i$$

$$i = 1,26\% \text{ em}$$

También se puede resolver en la hoja electrónica con una función llamada TASA, como se aprecia en la Figura 34:

B2		=TASA(B3;;B1;B4)
	A	B
1	Valor Presente (P)	-\$ 90.000,00
2	Tasa	1,26% em
3	Plazo	16 Meses
4	Valor Futuro (F)	\$ 110.000,00

Figura 34. Cálculo de la tasa en hoja electrónica / Fuente: Elaboración propia

Finalmente, veremos un ejemplo de cómo calcular el plazo: ¿En cuánto tiempo se triplica un capital al 20%NTV?

**Análisis:**

$$P = \$1$$

$$J = 20\%NTV$$

$$n = \text{¿?}$$

$$F = \$3$$

**Solución:** Primero se convierte la tasa a periódica, dividiendo el 20%NTV en los cuatro periodos (trimestres) que tiene un año y se obtiene un 5%et o TV. Todo esto se puede presentar de manera gráfica como se observa en la Figura 35:

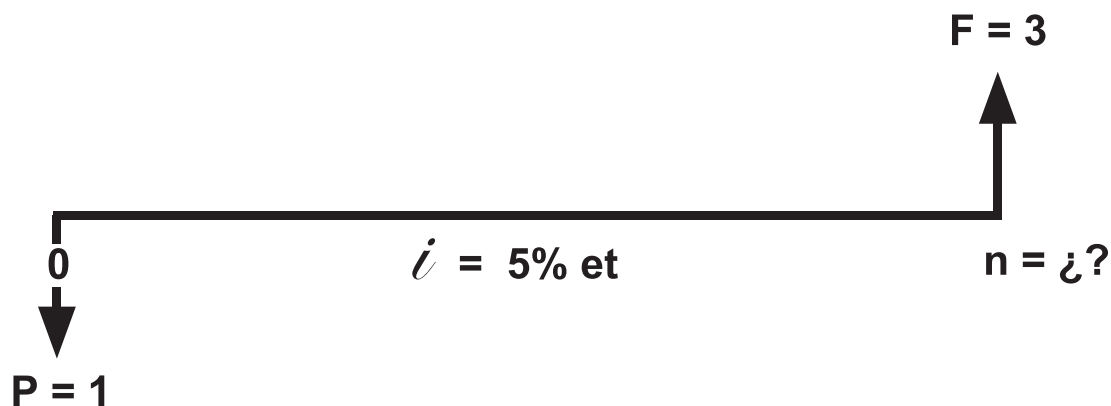


Figura 35. Representación gráfica de ejercicio de plazo / Fuente: Elaboración propia

Este ejercicio se puede resolver rápidamente en la hoja electrónica con una función llamada NPER, como se aprecia en la Figura 36:

	A	B
1	Valor Presente (P)	-\$ 1,00
2	Tasa	5% et
3	Plazo	22,5
4	Valor Futuro (F)	\$ 3,00

Figura 36. Cálculo del plazo en hoja electrónica / Fuente: Elaboración propia

## 4. Indicadores de Conveniencia Financiera

Con base en los flujos proyectados se construyen los indicadores de conveniencia financiera, que serán estudiados a continuación. Algunos de estos indicadores, como el Valor Presente Neto (VPN), exigen descontar los flujos futuros para expresarlos en pesos del periodo cero, con el fin de verificar si dichos flujos futuros permiten recuperar la inversión inicial. Para ello se utiliza una tasa de interés, conocida como Tasa de Descuento.

### 4.1 Tasa de descuento

*Una de las variables que más influyen (SIC) en el resultado de la evaluación de un proyecto es la tasa de descuento empleada en la actualización de sus flujos de caja. Aun cuando todas las variables restantes se hayan proyectado en forma adecuada, la utilización de una tasa de descuento inapropiada puede inducir un resultado errado en la evaluación. (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, pág. 343)*

En evaluación de proyectos, es común que se utilice como tasa de descuento la Tasa In-

terna de Oportunidad (TIO), que representa la máxima rentabilidad que un inversionista acostumbra a obtener y a la cual renunciaría para invertir en el proyecto que se analiza. Sin embargo, la TIO suele ser susceptible a subjetividad o difícil de determinar para inversionistas nuevos.

En general, toda persona tiene una Tasa Interna de Oportunidad. Incluso quien nunca ha realizado inversión alguna, de manera formal. Por ejemplo, un asalariado, puede tener una cuenta de ahorros que le paga un interés anual por su dinero, o puede tener depósitos en un fondo de jubilación que le reconoce una rentabilidad mínima, también puede poseer alguna propiedad por la que recibe un arrendamiento. Todos esos valores recibidos, comparados con el monto de dichas inversiones, se pueden expresar en forma de tasa, como se explicó anteriormente. Esa puede ser su Tasa de Oportunidad.

También es importante tener claro que no es lo mismo la tasa de oportunidad de una empresa en marcha, que la de uno de sus socios o inversionista independiente.

Los inversionistas suelen tener una tasa de rentabilidad mínima aceptable, que pudo haber sido determinada producto de su experiencia en inversiones previas. Dicha tasa suele conocerse como Rentabilidad del inversionista, Costo del patrimonio o costo de los recursos propios y se representa como:  $K_e$ . La letra “e” proviene del nombre en inglés del capital: “equity”. El  $K_e$  corresponde a la rentabilidad que exigen los socios por arriesgar sus recursos en un proyecto. Existen diversas metodologías que permiten calcular el  $K_e$ . Algunas de ellas serán tratadas más adelante.

Las empresas en marcha que deseen evaluar nuevas inversiones, podrían emplear diferentes métodos para establecer la tasa con la cual se descontará el flujo, que van desde consultar con los socios cuánto esperarían ganar en