INGENIERIA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD DE CHILE

CTP 2 Finanzas 1 – IN4232
Profesores: Rafael Epstein y Luis Llanos
Profesor Auxiliar: Felipe Vega
Ayudantes: Tomás Diaz, Daniela Banda, Fernanda Leiva y Diego B. Zuñiga.
Puntaje total: 60 puntos

Asegúrese de que su copia de este control contenga 4 páginas (incluida esta).

- Puede utilizar una calculadora no programable. No se puede utilizar celulares, tablets, PDAs u otros equipos con conexión inalámbrica de alguna clase.
- La resolución del control es individual y, a diferencias de otras actividades del curso, no puede comentar las respuestas a este control con nadie.
- El Tiempo estimado de lectura y resolución del Control es de **1,5** horas.
- Los puntajes de cada pregunta son proporcionales a su dificultad y tiempo para responder.
- Es importante que cada hoja de sus respuestas venga contenido su nombre. Además, se deberá indicar claramente a qué número de problema corresponde cada desarrollo.
- Las respuestas numéricas solo le dan crédito parcial. Debe explicitar su procedimiento y las fórmulas que use para llegar a sus cálculos.

Consejo general:

- ¡Muestre su trabajo! Las respuestas solo le dan crédito parcial. Si usa Excel debe explicitar su procedimiento
- Escriba las fórmulas que use y asegúrese de aplicarlas correctamente

¡Que les vaya bien!

Calificaciones:

1. / 35
2. / 25

Total / 60

**Pregunta 1 (35 puntos):**

Considere un bono con las siguientes características:

| Elementos Bono A | | | |
|---|---|---|---|
| Valor cara | Tasa cupón | Madurez | YTM |
| $1000 | 6% | 4 Años | 5% |

| Elementos Bono B | | | |
|---|---|---|---|
| Valor cara | Tasa cupón | Madurez | YTM |
| $1000 | 0% | 5 Años | 7% |

Calcule:

a) **Precio del Bono A y B. (5 Puntos)**

Para calcular el precio del bono, utilizaremos la fórmula de valorización.

$$P = \sum_{t=1}^{T} \frac{C}{\left(1 + r_{0,t}\right)^{t}} + \frac{F}{\left(1 + r_{0,T}\right)^{T}}$$

***Para el bono A:***

En este caso, el valor cara $F$ es de $1000, la estructura de tasas es plana y de un 5% para todos los períodos y el valor del cupón será $C = \$1000 \cdot 6\% = \$60$

Con esto, el precio del bono será:

$$P^{A} = \sum_{t=1}^{4} \frac{\$60}{(1+5\%)^{t}} + \frac{\$1000}{(1+5\%)^{4}} = \frac{\$60}{5\%} \cdot \left[1 - \frac{1}{(1+5\%)^{4}}\right] + \frac{\$1000}{(1+5\%)^{4}}$$

$$P^{A} = 212.75 \ + 822.70 \ = 1035.45$$

***Para el bono B:***

En este caso, el valor cara $F$ es de $1000, la estructura de tasas es plana y de un 7% para todos los periodos y el valor del cupón será $C = \$1000 \cdot 0\% = \$0$

Con esto, el precio del bono será:

$$P^B = \sum_{t=1}^{5} \frac{\$0}{(1+7\%)^t} + \frac{\$1000}{(1+7\%)^5} = \frac{\$1000}{(1+7\%)^5} = \$712.98$$

**b) MacD y ModD de ambos Bonos. (5 Puntos)**

Para calcular la MacD se utilizará la siguiente fórmula:

$$MacD = \frac{\sum_{t=1}^{T} t \cdot PV_t}{P}$$

Mientras que la ModD será simplemente

$$ModD = \frac{MacD}{1+y}$$

***Para el Bono A:***

Primero se calcularán los flujos de cada año y luego se hará la suma ponderada

$$PV_1 = \frac{\$60}{(1+5\%)} = \$57.14$$

$$PV_2 = \frac{\$60}{(1+5\%)^2} = \$54.42$$

$$PV_3 = \frac{\$60}{(1+5\%)^3} = \$51.83$$

$$PV_4 = \frac{\$1060}{(1+5\%)^4} = \$872.06$$

Luego, se tendrá:

$$MacD(A) = \frac{1 \cdot 57.14 + 2 \cdot 54.42 + 3 \cdot 51.83 + 4 \cdot 872.06}{1035.45} = 3.679$$

$$ModD(A) = \frac{3.68}{1+5\%} = 3.5$$

***Para el Bono B:***

Para el bono B es fácil notar que la MacD será igual a su madurez. Esto ocurre ya que el bono no paga flujos previos a la madurez (Por su naturaleza de 0 cupón)

$$MacD(B) = 5$$

$$ModD(B) = \frac{5}{1 + 7\%} = 4.67$$

**c) Convexidad del bono A y B. (5 Puntos)**

Para el cálculo de la convexidad se utilizará la siguiente fórmula:

$$Convexity = \frac{1}{P \cdot (1 + y)^2} \cdot \sum_{t=1}^{T} \frac{CF_t}{(1 + y)^t} \cdot (t^2 + t)$$

***Para el Bono A:***

Utilizaremos para la sumatoria los flujos calculados en el inciso anterior.

$$Cv(A) = \frac{1}{1035.45 \cdot (1 + 5\%)^2} \cdot Suma$$

En donde "Suma" es igual a

$$57.14 \cdot (1^2 + 1) + 54.42 \cdot (2^2 + 2) + 51.83 \cdot (3^2 + 3) + 872.06 \cdot (4^2 + 4) \approx 18504$$

$$Cv(A) = \frac{18504}{1035.45 \cdot (1 + 5\%)^2} = 16.208$$

***Para el Bono B:***

Utilizaremos para la sumatoria los flujos calculados en el inciso anterior.

$$Cv(B) = \frac{1}{712.98 \cdot (1 + 7\%)^2} \cdot Suma$$

En donde "Suma" es igual a

$$712.98 \cdot (5^2 + 5) \approx 21389.4$$

$$Cv(B) = \frac{21389.4}{712.98 \cdot (1 + 7\%)^2} = 26.20$$

**d) Estime la variación de precio de cada bono $\Delta P$ si la tasa de interés aumenta en 50 bps, utilizando la fórmula de valoración, la aproximación de primer orden y la aproximación de segundo orden. (5 Puntos)**

Previo a calcular cualquier cosa, recordemos la equivalencia entre bps y porcentaje.
1 bps = 0.01% esto implica que 50 bps = 0.5%.

Con esto, se tendrá que la nueva tasa del bono A es de un 5,5% mientras que la del bono B será 7,5%.

**Para el Bono A:**

- **Valorización:**
  En este caso, para calcular $\Delta P$, debemos notar que dicha variación será igual a la diferencia entre el nuevo precio del bono (Con la nueva tasa) y el precio antiguo. De esta forma se tendrá lo siguiente:

$$P^{A'} = \sum_{t=1}^{4} \frac{\$60}{(1 + 5{,}5\%)^t} + \frac{\$1000}{(1 + 5{,}5\%)^4} = \frac{\$60}{5\%} \cdot \left[1 - \frac{1}{(1 + 5{,}5\%)^4}\right] + \frac{\$1000}{(1 + 5{,}5\%)^4}$$

$$P^{A'} = 1017.53$$

Luego:

$$\Delta P = P^{A'} - P^A = \$1017.53 - \$1035.45 = -\$17{,}92$$

- **ModD:**
  Utilizando la aproximación de primer orden se tendrá lo siguiente:

$$\Delta P = -ModD \cdot \Delta y \cdot P$$

Con lo cual, reemplazando los valores, se tendrá:

$$\Delta P = -3.5 \cdot 0.5\% \cdot 1035.45 = -18{,}12$$

- **ModD y convexidad:**
  Utilizando la aproximación de segundo orden se tendrá:
  $$\Delta P = \left[(-3.5 \cdot 0.5\%) + \frac{1}{2} \cdot 16.208 \cdot (0.5\%)^2\right] \cdot 1035.45 = -17.91$$

**Para el Bono B:**

- **Valorización:**
  En este caso, para calcular $\Delta P$, debemos notar que dicha variación será igual a la diferencia entre el nuevo precio del bono (Con la nueva tasa) y el precio antiguo. De esta forma se tendrá lo siguiente:

$$P^{B'} = \sum_{t=1}^{5} \frac{\$0}{(1+7{,}5\%)^t} + \frac{\$1000}{(1+7{,}5\%)^5} = \frac{\$1000}{(1+7{,}5\%)^5}$$

$$P^{B'} = 696.55$$

Luego:
$$\Delta P = P^{B'} - P^{B} = 696.55 - 712.98 = -16.43$$

- **ModD:**
  Utilizando la aproximación de primer orden se tendrá lo siguiente:
  $$\Delta P = -ModD \cdot \Delta y \cdot P$$
  Con lo cual, reemplazando los valores, se tendrá:
  $$\Delta P = -4.67 \cdot 0.5\% \cdot 712.98 = -16.64$$
- **ModD y convexidad:**

$$\Delta P = \left[(-4.67 \cdot 0.5\%) + \frac{1}{2} \cdot 26.20 \cdot (0.5\%)^2\right] \cdot 712.98 = -16.41$$

**e) Comente, en no más de 8 líneas, las ventajas y desventajas de utilizar una estimación de precio mediante duración y convexidad frente al cálculo exacto mediante la fórmula de valoración. ¿Por qué siguen siendo útiles las aproximaciones? (5 Puntos)**

La principal ventaja de utilizar la estimación de precio mediante aproximación de polinomio es que es mucho más rápida y menos compleja computacionalmente que el cálculo exacto mediante la fórmula de valoración. No obstante, estas aproximaciones pueden generar errores, especialmente en situaciones de alta volatilidad o cuando los cambios en las tasas de interés son significativos. A pesar de esto, siguen siendo útiles porque proporcionan una buena aproximación del precio del bono, permitiendo decisiones rápidas y análisis preliminares sin la necesidad de agotar, innecesariamente, recursos computacionales.

**f) Una empresa tiene emitido un bono cero-cupón con valor par de $10.000 que vence en 4 años y con un YTM de 6%. La empresa desea inmunizar su riego de tasa de interés de este pasivo utilizando dos bonos indicados arriba. Determine la proporción de inversión en cada bono necesaria para hacer la cobertura del pasivo. (5 Puntos)**

**Nota: Con respecto a esta pregunta, el enunciado impreso decía "5 años" en lugar de 4. Cabe la posibilidad de que los alumnos hayan usado 5, a pesar de que se les haya mencionado que eran 4. No descontar puntaje si es que fue el caso.**

Para inmunizar el riesgo de tasa de la inversión se debe igualar el valor presente y la duración de la cartera de bonos (Bono A y Bono B) al valor presente y la duración del pasivo (bono cero-cupón).

De esta forma, el primer paso es calcular el valor presente del bono pasivo. Al ser un bono 0 cupón, el cálculo es directo:

$$P_L = \sum_{t=1}^{4} \frac{\$0}{(1+6\%)^t} + \frac{\$10000}{(1+6\%)^4} = \frac{\$10000}{(1+6\%)^4} = 7920.93$$

Luego, sabemos por definición, que la MacD del bono 0 cupón es igual a su madurez.

$$MacD(L) = 4$$

Sean $W_A$ $y$ $W_B$, los montos invertidos en cada bono, debe cumplirse que:

$$W_A + W_B = P_L \ (1)$$

Adicionalmente, deseamos que la MacD del portafolio de bonos sea igual a la MacD del pasivo. De esta manera se tendrá lo siguiente:

$$MacD(A) \cdot \frac{M_A}{M_T} + MacD(B) \cdot \frac{M_B}{M_T} = MacD(L) \quad (2)$$

Es notable destacar que $M_T = W_A + W_B$, sin embargo, se tiene que $W_A + W_B = P_L$. Luego, por igualdad, debe cumplirse que: $M_T = P_L$

De este modo, al reemplazar los valores conocidos, la ecuación (2) quedará tal que:

$$3.679 \cdot \frac{W_A}{7290.93} + 5 \cdot \frac{W_B}{7290.93} = 4 \quad (2)$$

De manejo algebraico en (1) se extrae que $W_A = 7290.93 - W_B$. Al reemplazar esto en (2), se tendrá lo siguiente:

$$3.679 \cdot \frac{7290.93 - W_B}{7290.93} + 5 \cdot \frac{W_B}{7290.93} = 4$$

$$3.679 \cdot (7290.93 - W_B) + 5 \cdot W_B = 4 \cdot 7290.93$$

$$26823.33 - 3.679 \cdot W_B + 5 \cdot W_B = 29163.72$$

$$1.321 \cdot W_B = 2340.39 \Rightarrow W_B = 1771{,}68$$

Luego, se reemplazará el valor obtenido para $W_B$ en la expresión de $W_A$.

$$W_A = 7290.93 - W_B \Rightarrow W_A = 7290.93 - 1771.68 = 5519.25$$

Finalmente, la proporción de cada uno de los bonos, vendrá dada por las relaciones entre el monto a invertir y el total de la inversión.

$$\alpha_i = \frac{M_i}{M_T}$$

Dicho esto, se tendrán los siguientes pesos para el bono A y el bono B.

$$\alpha_A = \frac{5519.25}{7290.93} = 75{,}7\%$$

$$\alpha_B = \frac{1771.68}{7290.93} = 24{,}3\%$$

**g) Mencione dos riesgos que podrían afectar la efectividad de la cobertura. (5 Puntos)**

Uno de los principales riesgos que puede afectar la efectividad de una estrategia de inmunización es el cambio en la estructura temporal de tasas de interés. La inmunización tradicional se basa en la igualación de duraciones, bajo el supuesto de movimientos paralelos en la curva de rendimientos. No obstante, en la práctica, la curva puede experimentar cambios no paralelos, como empinamientos, aplanamientos o desplazamientos localizados en ciertos tramos. Estos movimientos alteran la sensibilidad de los bonos y del pasivo en distintos horizontes, rompiendo la equivalencia de duración y afectando la protección contra variaciones en las tasas de interés.

Otro riesgo relevante es el riesgo de crédito asociado a los bonos utilizados en la cobertura. Si alguno de los emisores sufre una degradación en su calificación crediticia o incurre en un evento de incumplimiento, el valor del bono disminuirá, y su duración efectiva podría modificarse. Esto puede generar un desajuste respecto al pasivo, especialmente si este corresponde a una obligación libre de riesgo, como un bono gubernamental. Por ello, una estrategia de inmunización efectiva debe considerar no solo la duración, sino también la calidad crediticia y la estabilidad de los emisores involucrados.

Otros argumentos igualmente equivalentes pueden ser el riesgo de default, cambios en las condiciones de los bonos, entorno macroeconómico, etc.

**Pregunta 2 (25 puntos):**

a) **Compare los riesgos que enfrenta un inversionista al comprar una acción común versus un bono corporativo. ¿Por qué un bono puede ser percibido como una inversión más segura, y en qué circunstancias esto podría no cumplirse? (5 Puntos)**

Al adquirir una acción común, el inversionista asume el riesgo de mercado, es decir, la posibilidad de que el precio de la acción fluctúe según el desempeño financiero de la empresa, las condiciones económicas y factores externos. Además, en caso de quiebra, los accionistas comunes son los últimos en recibir pagos. En cambio, al comprar un bono corporativo, el inversionista actúa como acreedor y tiene derecho a pagos fijos de intereses y devolución del capital, con prioridad sobre los accionistas. Por ello, los bonos suelen percibirse como inversiones más seguras. Sin embargo, esta seguridad puede verse afectada si el emisor enfrenta riesgo de default, si las tasas de interés suben o si hay alta inflación, lo que disminuye el valor real de los pagos.

b) **Explique por qué dos bonos con el mismo vencimiento pueden tener precios diferentes. Mencione al menos dos factores que podrían explicar esta diferencia. (5 Puntos)**

Dos bonos con el mismo vencimiento pueden tener precios distintos debido a factores como:

- **Calidad crediticia del emisor**: Un bono emitido por una empresa con mejor calificación crediticia tendrá menor riesgo percibido y, por tanto, menor rendimiento exigido, lo que se traduce en un precio más alto.

- **Cupones o tasas de interés nominales diferentes**: Un bono con un cupón más alto ofrece mayores flujos periódicos, lo que aumenta su valor presente y, por ende, su precio de mercado.

Otros factores posibles incluyen la liquidez del bono o más superficialmente, su valor cara.

c) **Si un bono se transa en el mercado a un precio menor que el valor presente de sus flujos descontados con tasas libres de riesgo, ¿cómo reacciona el mercado? (5 Puntos)**

Si un bono se transa en el mercado a un precio inferior al valor presente de sus flujos descontados, se considera subvalorado. En un mercado eficiente, esto genera una oportunidad de arbitraje, y la reacción del mercado típicamente será:

- Compra del bono por inversionistas buscando aprovechar la discrepancia.

- Esta demanda incrementada presionará al alza el precio del bono hasta que se iguale con su valor justo, eliminando la oportunidad de arbitraje.

**d) Desde la perspectiva de un inversionista conservador, ¿qué factores podrían hacerlo preferir bonos por sobre acciones? ¿Hay escenarios donde esta preferencia podría cambiar? (5 Puntos)**

Un inversionista conservador suele preferir bonos por su menor riesgo, pagos periódicos y menor volatilidad frente a las acciones. Esta preferencia es común en personas cercanas a la jubilación o con baja tolerancia al riesgo. Sin embargo, si las tasas de interés son muy bajas o hay expectativas de altos retornos en el mercado accionario, la preferencia puede cambiar. Además, en contextos inflacionarios o de mejora económica, los bonos pueden perder atractivo frente a inversiones de mayor rendimiento.

**e) Para realmente beneficiar a sus accionistas, los gerentes deben centrarse en incrementar el precio actual de las acciones y no en las utilidades que genere la empresa. (5 Puntos)**

Esta afirmación es **Falsa**. Esto pues, las utilidades reflejan la capacidad de la empresa para generar valor económico, lo cual es esencial para el éxito a largo plazo. El aumento de las utilidades, junto con un sólido crecimiento y buena gestión, generalmente conduce a un 8 aumento en el precio de las acciones de forma sostenida en el tiempo, lo que termina generando mucho más valor a las acciones comparado con incrementos centrados en el corto plazo.

Algunas Formulas Útiles:

$$\text{NPV} = \sum_{k=1}^{n} \frac{c}{(1+r)^k} = \frac{c}{r}\left[1 - \frac{1}{(1+r)^n}\right]$$

$$\text{NPV} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{c}{(1+r)^k} = \frac{c}{r}$$

$$\text{NPV} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{c(1+g)^{k-1}}{(1+r)^k} = \frac{c}{r-g}; r > g$$

$$MacD = \frac{\sum_{t=1}^{T} t \cdot PV_t}{P}$$

$$ModD = \frac{MacD}{1+y}$$

$$Convexity = \frac{1}{P \cdot (1+y)^2} \cdot \sum_{t=1}^{T} \frac{CF_t}{(1+y)^t} \cdot (t^2 + t)$$

$$\Delta P = \left[(-ModD \cdot \Delta y) + \frac{1}{2} \cdot Cv \cdot (\Delta y)^2\right] \cdot P$$

$$MacD(P) = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot MacD_i$$

$$C_i = \frac{M_i}{P_i}$$