

# Caso Estadístico: Reducción de dimensiones

**Maestría en Estadística, U.C.R.**  
**II Semestre 2020**  
**Max Rímola**





# Agenda

- Antecedentes y Justificación del Caso
- Gobierno / Sistema Financiero / Relación Precio - Rendimiento / TPM / Operaciones bursátiles / Curvas
- Modelos sobre reducción de datos
- Guía de Trabajo
- Base de Datos
- Documentos de apoyo

# Antecedentes



## REVISIÓN PROGRAMA **MACROECONÓMICO**

BANCO CENTRAL DE COSTA RICA

# 2020 / 2021

JULIO 2020

# Antecedentes



El pasado mes de enero, cuando el Banco Central dio a conocer el Programa Macroeconómico 2020-2021, las condiciones económicas internas y externas eran muy diferentes de las actuales. Particularmente, en ese momento la actividad económica del país estaba en proceso de recuperación, luego de la desaceleración que había enfrentado en años previos, y se empezaban a percibir los efectos positivos sobre la situación financiera del Gobierno de la implementación de la Ley de Fortalecimiento de las Finanzas Públicas (Ley 9635), aprobada en diciembre del 2018. En efecto, el 2020 es el primer año de plena vigencia de la Ley 9635, y en los meses de enero y febrero se registraron mejoras en los resultados fiscales en comparación con el año previo. Además, la inflación se mantenía baja y las expectativas de inflación a 12 meses se ubicaban en torno a la meta inflacionaria.

# Antecedentes



El panorama cambió abrupta y drásticamente en marzo. A partir de entonces, la economía nacional ha sido golpeada fuertemente por la pandemia por COVID-19, y en particular por la contracción en la economía mundial y las medidas de restricción y confinamiento que han adoptado nuestras autoridades de salud para tratar de contener la tasa de contagio.

Se trata de una crisis económica sin precedentes, tanto por la velocidad y profundidad de la contracción económica como por su sincronidad a lo largo y ancho del planeta. En Costa Rica, la mayoría de las actividades económicas han sido afectadas, pero las relacionadas con el turismo (como los servicios de hospedaje y comidas), el transporte de pasajeros y la mayor parte del comercio al detalle han enfrentado caídas particularmente severas en sus ventas.

# Antecedentes



Además de la grave crisis sanitaria por la pandemia, la humanidad está enfrentando la crisis económica más profunda desde la Gran Depresión de 1929. Esta crisis implica grandes retos para las autoridades económicas, entre ellas los bancos centrales, para tratar de contener la contracción económica, mitigar sus efectos sobre los grupos más vulnerables, mantener la estabilidad macroeconómica y prepararse para retomar el crecimiento económico una vez controlada la pandemia.

En línea con lo anterior, el Banco Central ha profundizado su política monetaria expansiva y contracíclica. Desde marzo anterior, cuando la pandemia empezó a azotar a nuestro país, el Banco Central ha reducido su Tasa de Política Monetaria en 150 puntos base, para llevarla a su mínimo histórico (0,75%), lo cual ha permitido una significativa reducción en las tasas de interés pasivas y activas promedio. Esto no solo mejora las condiciones para los nuevos créditos, sino que provee un alivio a los deudores con préstamos a tasa variable.



# Antecedentes



Además, el Banco Central ha participado en los mercados de negociación para inyectar liquidez en forma oportuna, y está autorizado y listo para participar en el mercado secundario de títulos del Gobierno Central, si ello resultara necesario. Todas estas operaciones tienen como fin aliviar tensiones generalizadas (o “sistémicas”) de liquidez que pudieran generar ajustes abruptos en los precios y rendimientos de los activos financieros, afectar el adecuado funcionamiento del sistema de pagos y amenazar la estabilidad del sistema financiero.

Finalmente, la monetización del déficit fiscal podría suscitar preocupaciones e incertidumbre sobre la capacidad y compromiso del Gobierno de hacer frente al pago de sus obligaciones. Ello dificultaría el acceso del Gobierno al financiamiento por parte de organismos multilaterales y también el acceso a los mercados financieros domésticos e internacionales. A su vez, eso podría traducirse en expectativas autocumplidas y una crisis generalizada de confianza, y generar presiones excesivas sobre las tasas de interés y el tipo de cambio, con un impacto negativo para la estabilidad financiera, las finanzas públicas y el crecimiento económico.

# Justificación



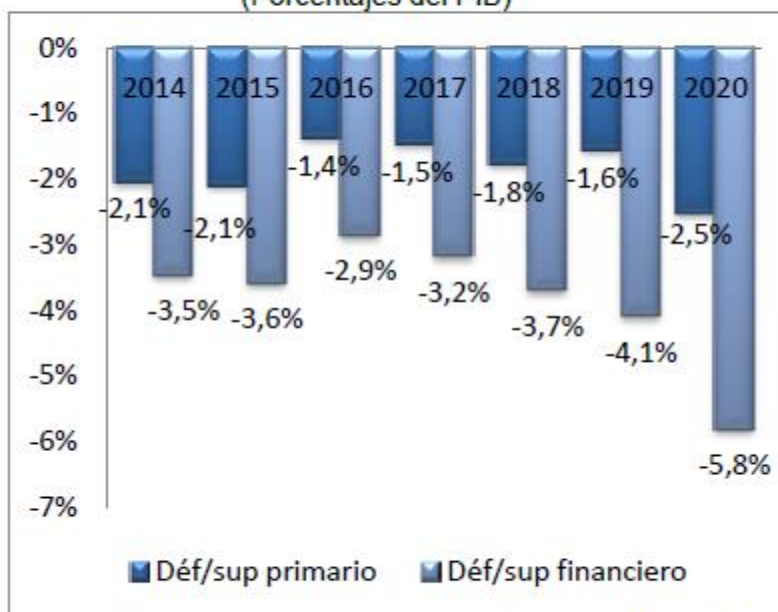
## CIFRAS FISCALES AGOSTO 2020

### GOBIERNO CENTRAL

Al mes de agosto de 2020 los ingresos totales presentan una caída de 11,8% con respecto a agosto 2019, mientras que los gastos reflejan un crecimiento de un 2,6%.

Déficit primario  
Déficit financiero  
PIB  
Razón Deuda / PIB

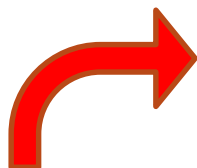
Gobierno Central: Resultado Primario y Financiero  
Acumulado al Mes de agosto 2014-2020  
(Porcentajes del PIB)



Fuente: STAP, con información suministrada por Contabilidad Nacional,  
(2020)



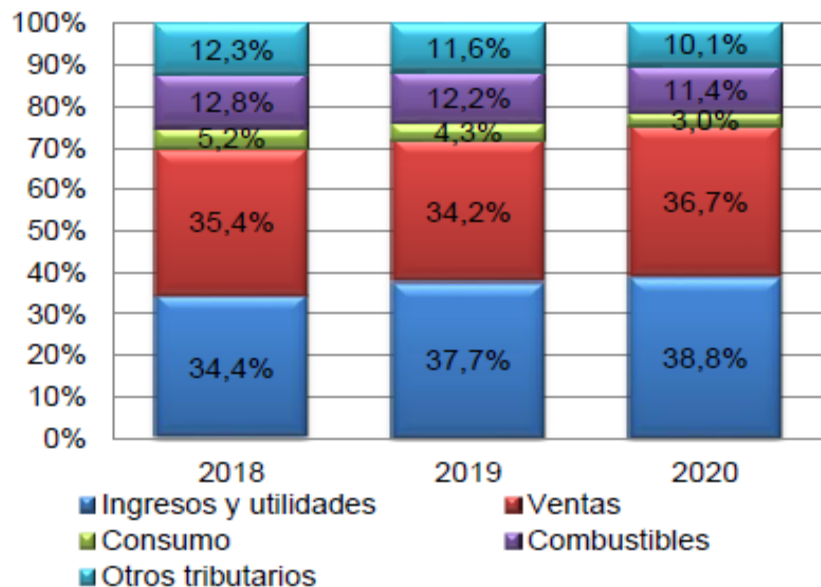
# Justificación



Los ingresos tributarios representaron más del 90% de los ingresos totales (2018) MH.

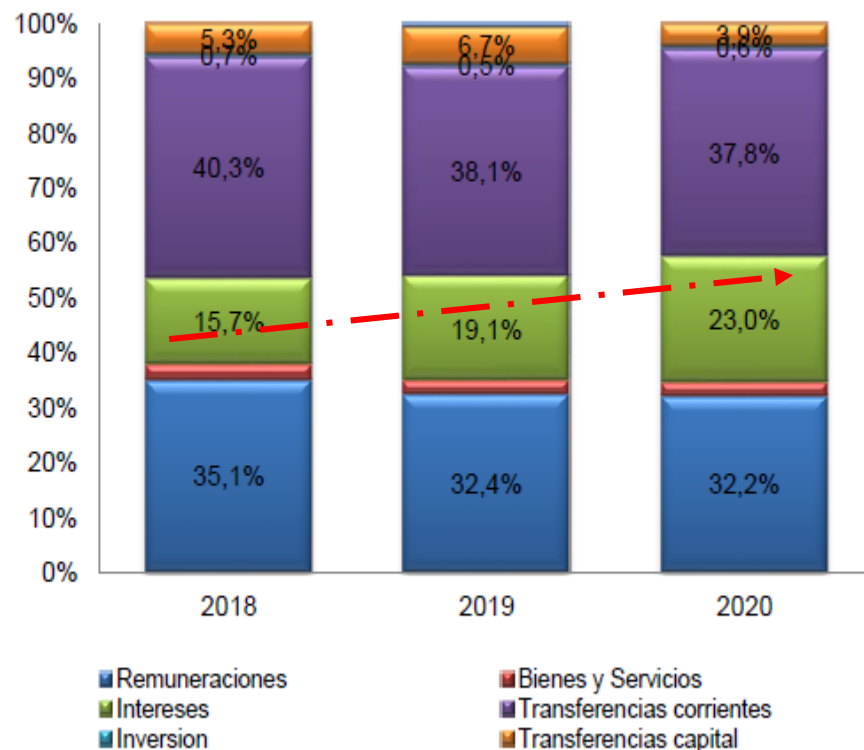


Gobierno Central: Estructura Ingresos Tributarios  
Por tipo de Impuesto  
Agosto 2018 -2020



Fuente: STAP, con información suministrada por Contabilidad Nacional, (2020)

Gobierno Central: Estructura Gastos Totales  
Agosto 2018 -2020 acumulado



Fuente: STAP, con información suministrada por Contabilidad Nacional, (2020)

# Justificación



## Proyección de las principales variables macroeconómicas

### Principales variables macroeconómicas

	2019	Revisión PM 2020-2021	
		2020	2021
PIB (miles de millones de ₡)	36.296	34.469	35.844
Tasas de crecimiento (%)			
PIB real	2,1	-5,0	2,3
Ingreso Nacional Disponible Bruto Real	2,1	-4,2	1,7
Tasa de desempleo <sup>1/</sup>	12,4	20,1	
Inflación			
Meta (variación interanual IPC)		3,0 ± 1,0	
Variación promedio IPC (%) <sup>2/</sup>	2,1	0,8	0,9
Balanza de Pagos (% PIB)			
Cuenta corriente	-2,3	-3,2	-3,3
Cuenta comercial	-7,5	-6,2	-6,2
Cuenta financiera	-4,5	-4,3	-2,8
Saldo RIN	14,5	16,0	15,2
Sector Público Global Reducido (% PIB) <sup>3/</sup>			
Resultado Financiero	-5,6	-9,3	-7,8
Gobierno Central	-6,9	-9,3	-8,1
Resto SPNF	1,6	0,4	0,8
BCCR	-0,3	-0,4	-0,4
Deuda Gobierno Central (% PIB)	58,5	70,2	76,6
Agregados monetarios y crediticios (Variación %) <sup>4/</sup>			
Liquidez total (M3)	6,3	8,6	5,8
Riqueza financiera total	7,8	8,0	6,0
Crédito al sector privado	0,6	0,0	2,1
Moneda nacional	2,9	0,9	3,1
Moneda extranjera	-3,1	-1,5	0,5

<sup>1/</sup> Al IV Trim-19 y trimestre móvil a mayo de 2020 (MAM- 20), según la Encuesta Continua de Empleo, del Instituto Nacional de Estadística y Censos.

<sup>2/</sup> Proyecciones del Banco Central de Costa Rica para el 2020-2021.

<sup>3/</sup> Estimaciones Banco Central de Costa Rica.

<sup>4/</sup> Valoración de moneda extranjera no contempla efecto cambiario.

Fuente: Banco Central de Costa Rica.

# Justificación



## Resultado financiero del Gobierno Central

*Porcentajes del PIB*

	2019	2020	2021
<b>Ingresos totales</b>	<b>14,8</b>	<b>13,8</b>	<b>14,3</b>
Ingresos tributarios	13,5	12,5	13,2
Ingresos no tributarios	0,2	0,2	0,2
Transferencias	0,6	0,7	0,7
Contribuciones sociales	0,2	0,2	0,2
Ingresos de capital	0,3	0,2	0,0
<b>Gastos totales</b>	<b>21,7</b>	<b>23,1</b>	<b>22,4</b>
Remuneraciones	6,8	7,2	6,5
Bienes y servicios	0,6	0,7	0,6
Pago de intereses	4,2	5,2	5,6
Transferencias corrientes	8,0	8,2	7,4
Gasto de capital	2,0	1,8	2,1
Otros	0,1	0,0	0,0
<b>Balance primario</b>	<b>-2,8</b>	<b>-4,0</b>	<b>-2,5</b>
<b>Balance financiero</b>	<b>-6,9</b>	<b>-9,3</b>	<b>-8,1</b>
<b>Deuda total</b>	<b>58,5</b>	<b>70,2</b>	<b>76,6</b>

Fuente: Ministerio de Hacienda.

# Justificación

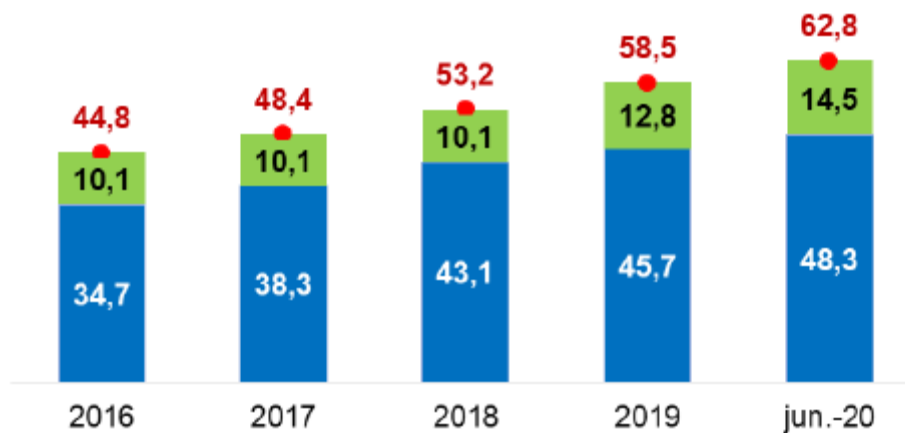


## Gobierno Central: financiamiento neto y razón de deuda

*Porcentajes del PIB*

### A. Razón de deuda a PIB

■ Deuda interna   ■ Deuda externa   ● Deuda total



# Justificación

## PERFIL DE LA DEUDA PÚBLICA DEL GOBIERNO CENTRAL DE COSTA RICA



(En millones de colones)

	Diciembre 2019	
	Nominal	Relativo
<b>DEUDA PÚBLICA</b>	<b>21 217 056.83</b>	<b>100.0%</b>
<b>MONEDA</b>		
Deuda ₡	12 343 482.44	<b>58.2%</b>
%PIB	0.0%	
Deuda US\$	8 766 002.11	<b>41.3%</b>
%PIB	0.0%	
Deuda otras monedas	107 572.27	<b>0.5%</b>
%PIB	0.0%	
<b>TIPO DE INSTRUMENTO</b>		
Deuda Ajustable	4 230 910.74	<b>19.9%</b>
%PIB	0.0%	
Deuda Fija	15 742 750.74	<b>74.2%</b>
%PIB	0.0%	
Deuda Indexada	1 243 395.35	<b>5.9%</b>
%PIB	0.0%	

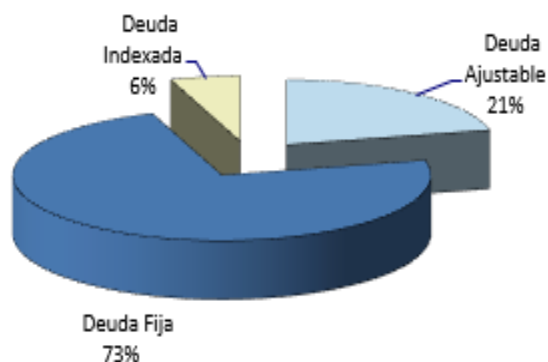
<b>DEUDA PÚBLICA</b>	<b>21 217 056.83</b>	<b>100.0%</b>
%PIB	58.5%	
%Exportaciones	318.6%	
%Ingresos Corrientes	403.7%	
%Ingresos Tributarios	433.9%	
%Gastos Totales	269.2%	
<b>Deuda Interna</b>	<b>16 581 137.96</b>	<b>78.2%</b>
%PIB	45.7%	
%Ingresos Corrientes	315.5%	
%Ingresos Tributarios	339.1%	
%Gastos Totales	210.4%	
<b>Deuda Externa</b>	<b>4 635 918.86</b>	<b>21.8%</b>
%PIB	12.8%	
%Exportaciones	69.6%	
%Ingresos Corrientes	88.2%	
%Ingresos Tributarios	94.8%	
%Gastos Totales	58.8%	
<b>PIB Corriente</b>	<b>36 279 503.83</b>	
Variación real	<b>2.1%</b>	
Exportaciones	<b>6 660 403.89</b>	
Ingresos Corrientes	<b>5 255 746.07</b>	
Ingresos Tributarios	<b>4 889 569.72</b>	
Gastos Totales	<b>7 880 403.58</b>	

# Justificación

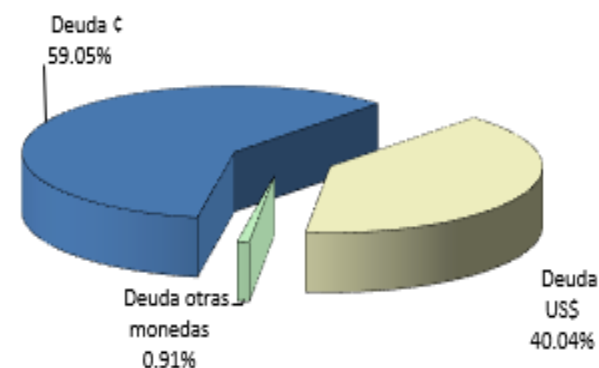


## Gráficos de la Deuda Pública del Gobierno Central de Costa Rica

**Gráfico N° 1**  
Deuda Pública del Gobierno Central de Costa Rica  
Estructura del Saldo por Tipo de Instrumento  
Agosto 2020



**Gráfico N° 2**  
Deuda Pública del Gobierno Central de Costa Rica  
Estructura del Saldo por Moneda  
Agosto 2020

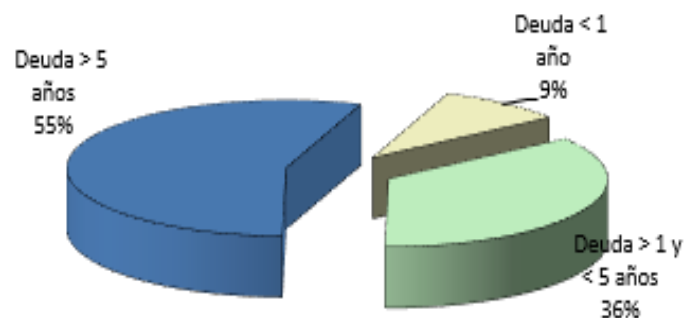




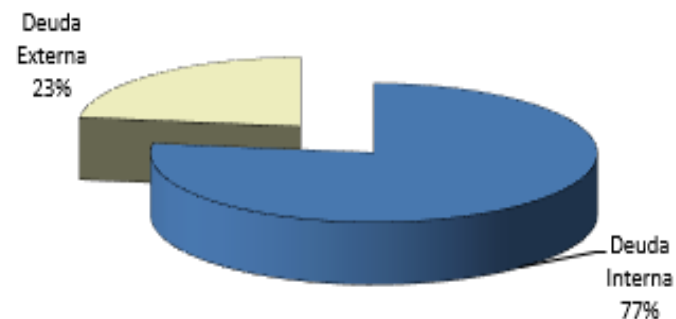
# Justificación



**Gráfico N° 3**  
**Deuda Pública del Gobierno Central de Costa Rica**  
**Estructura del Saldo por Plazo de Vencimiento**  
**Agosto 2020**



**Gráfico N° 4**  
**Gobierno Central de Costa Rica**  
**Composicion de la Deuda Pública**  
**Agosto 2020**



# Justificación



Gráfico N° 5  
Gobierno Central de Costa Rica  
Deuda Pública como Proporción del PIB  
(1998-2019 al 31 de Diciembre 2019)

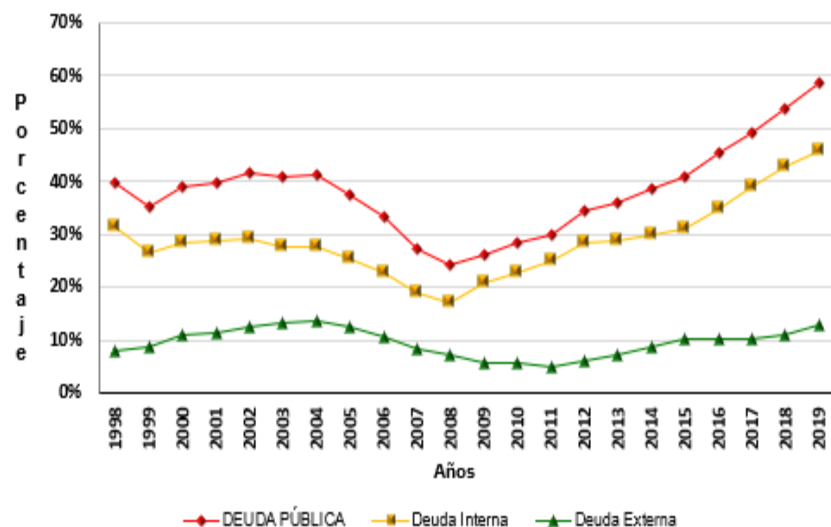
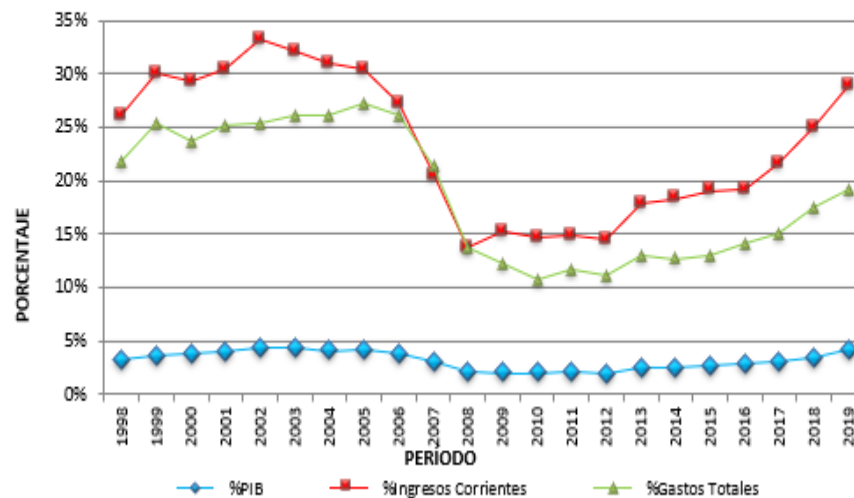


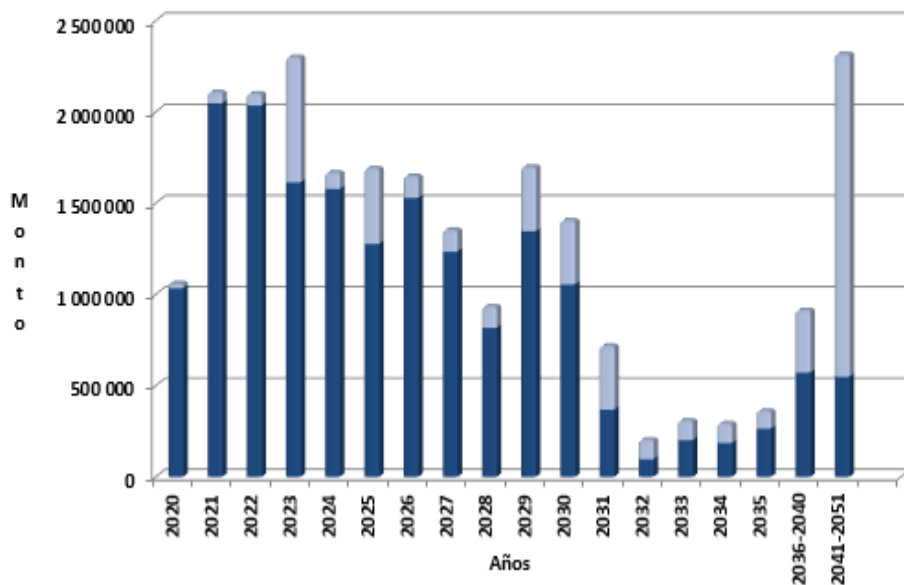
Gráfico N° 9  
Gobierno Central de Costa Rica  
Gasto de Intereses de la Deuda Pública  
con respecto al PIB, Ingresos Corrientes y Gastos Totales  
(1998-2019 al 31 de Diciembre 2019)



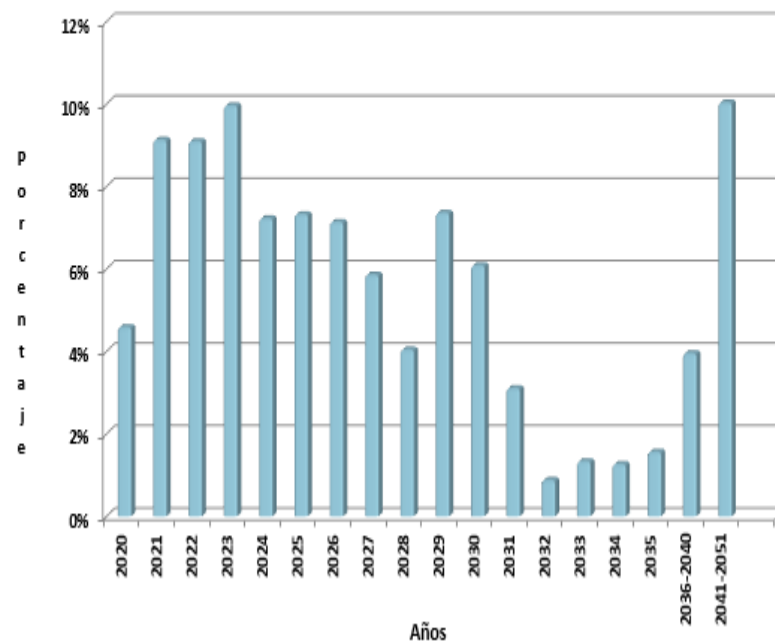
# Justificación



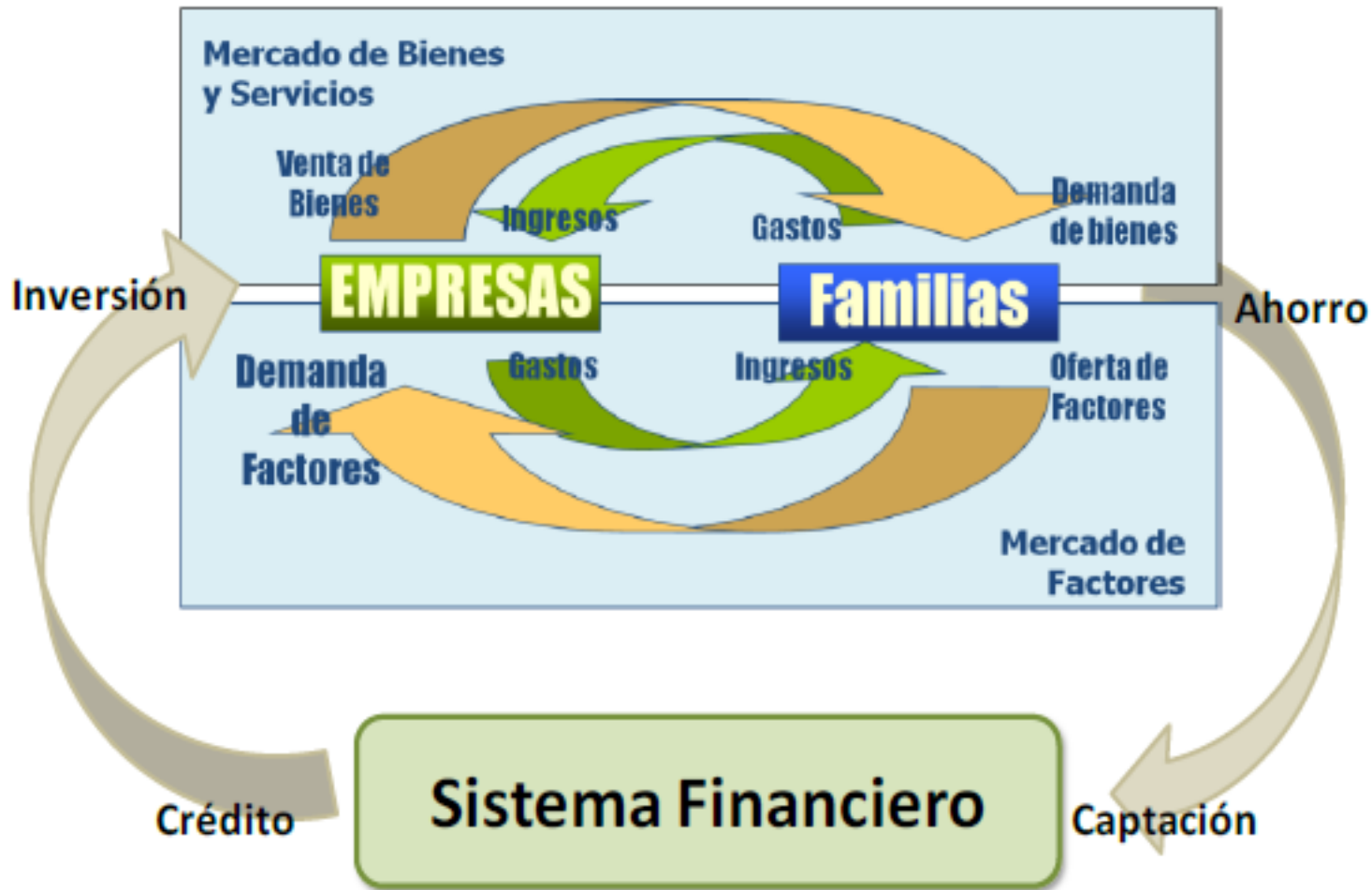
**Gráfico N° 7**  
Estructura de Vencimientos Anuales (Amortización)  
de la Deuda Pública del Gobierno Central de Costa Rica  
Al 31 de Agosto del 2020  
En millones de colones



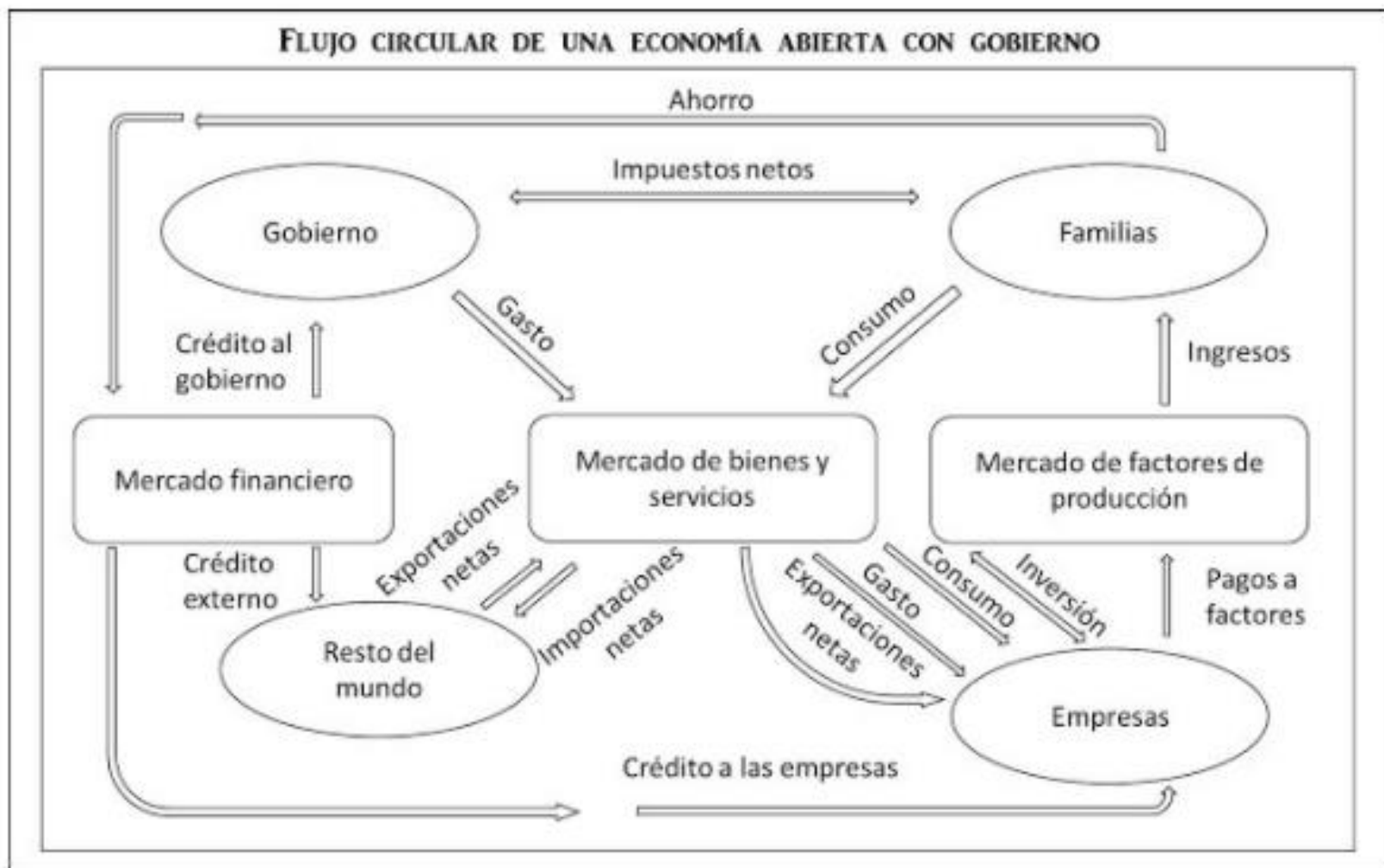
**Gráfico N° 8**  
Gobierno Central de Costa Rica  
Porcentaje de la Estructura de Vencimientos Anuales (Amortización) de la Deuda Pública  
Al 31 de Agosto del 2020



# Modelo de corriente de flujo circular



# Modelo de corriente de flujo circular

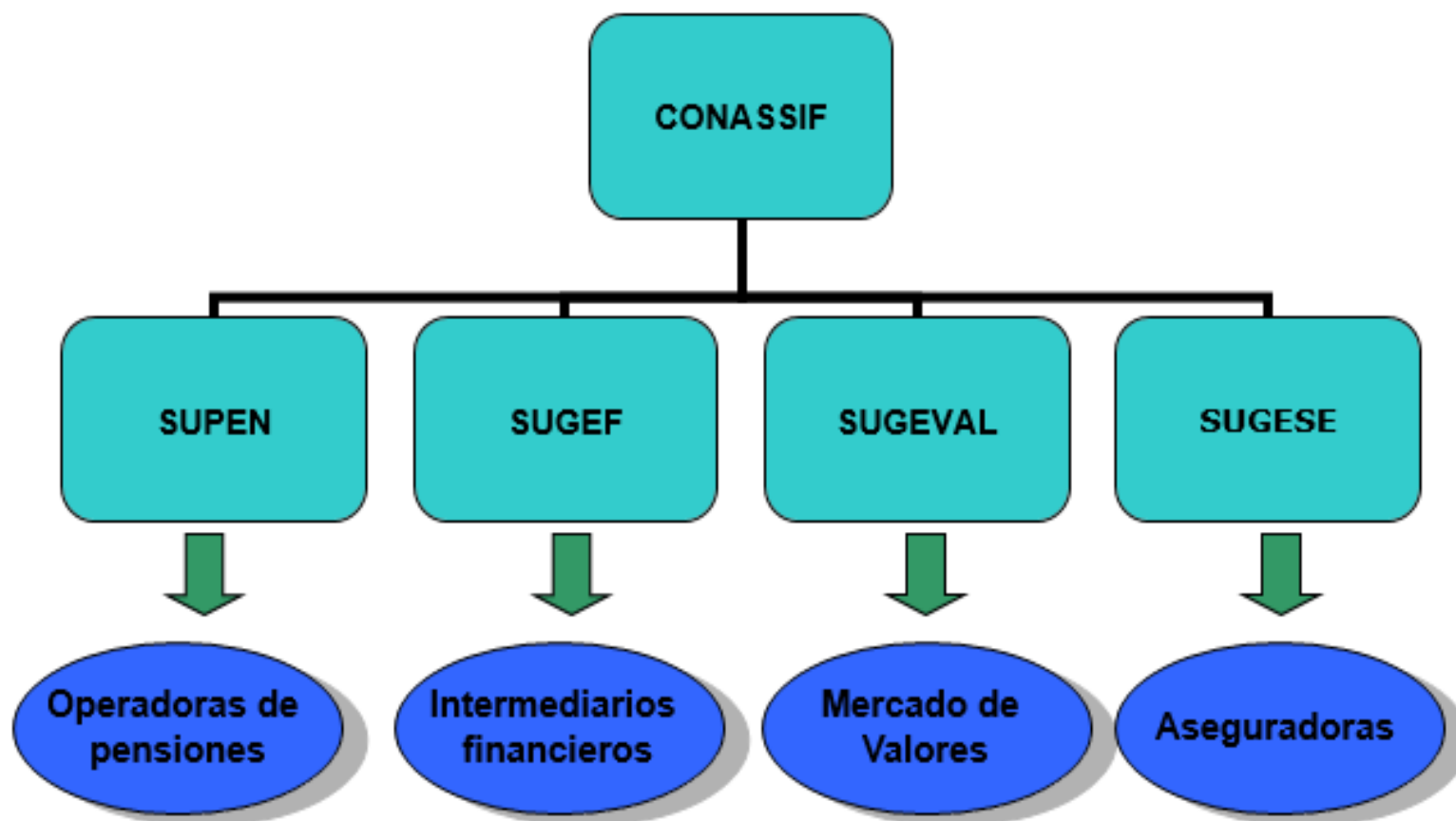


# Mercado de Valores





# Supervisión del sistema financiero costarricense



# Relación inversa precio rendimiento



CUANDO LOS TIPOS DE INTERÉS AUMENTAN:

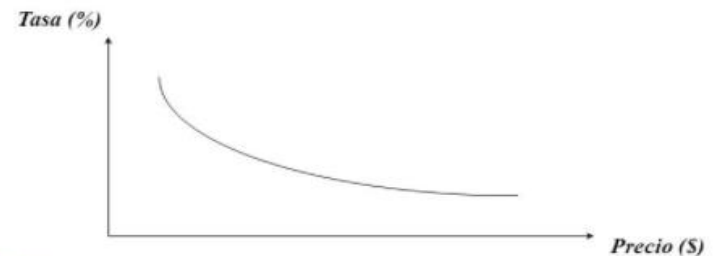


CUANDO LOS TIPOS DE INTERÉS DESCENDEN:



## *Relación entre rendimiento requerido y precio de un bono*

El precio de un bono varía siempre en relación inversa a los cambios en la tasa de interés de mercado. Esto es así porque el precio de un bono es igual al valor presente de un flujo de fondos, de manera tal que en la medida que asciende la tasa de descuento aplicada, disminuye el precio, y viceversa.



# Relación inversa precio rendimiento



Hallar el precio de una operación a la que restan 280 días por vencer, siendo la tasa de interés del 20% anual pagadera en forma trimestral. El rendimiento esperado en el mercado es de 25% anual.

Los días acumulados de intereses serían, en este caso la parte fraccionaria del cociente entre los días al vencimiento (DV) y el período de pago de cupón (PPC):

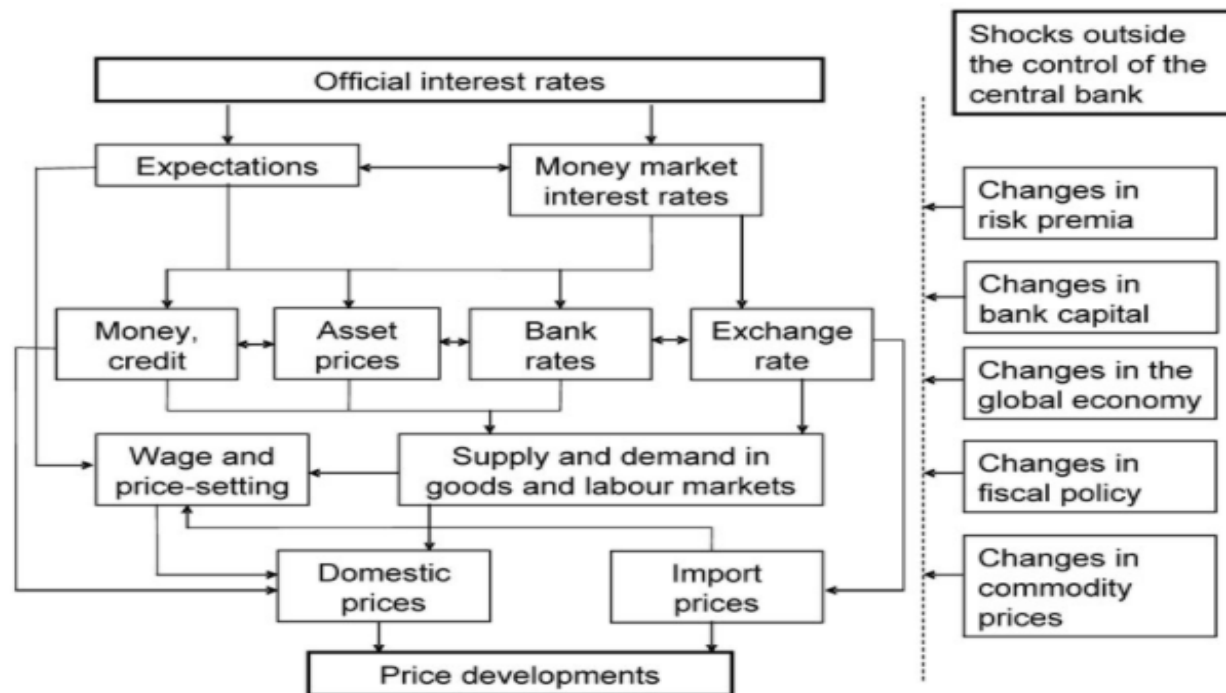
$$PPC = \frac{360}{Per} = \frac{360}{4} = 90 \qquad DA = \left[ 1 - Frac \left[ \frac{DV}{PPC} \right] \right] \times PPC = \left[ 1 - Frac \left[ \frac{280}{90} \right] \right] \times 90 = 80$$

En otras palabras DV=280 y DA= 80, de manera que (DA+DV)=360. De esta forma el planteamiento y el resultado del problema serían:

$$Pr ecio = \frac{1 + i \times \left[ \frac{DA + DV}{360} \right]}{1 + RE \times \left[ \frac{DV}{360} \right]} = \frac{1 + 0,20 \times \left[ \frac{80 + 280}{360} \right]}{1 + RE \times \left[ \frac{280}{360} \right]} = 1,00465 = 100.465\%$$

# Mecanismos de transmisión de la Política Monetaria (Banco Central Europeo)

<https://www.ecb.europa.eu/mopo/intro/transmission/html/index.en.html>



## Affects asset prices

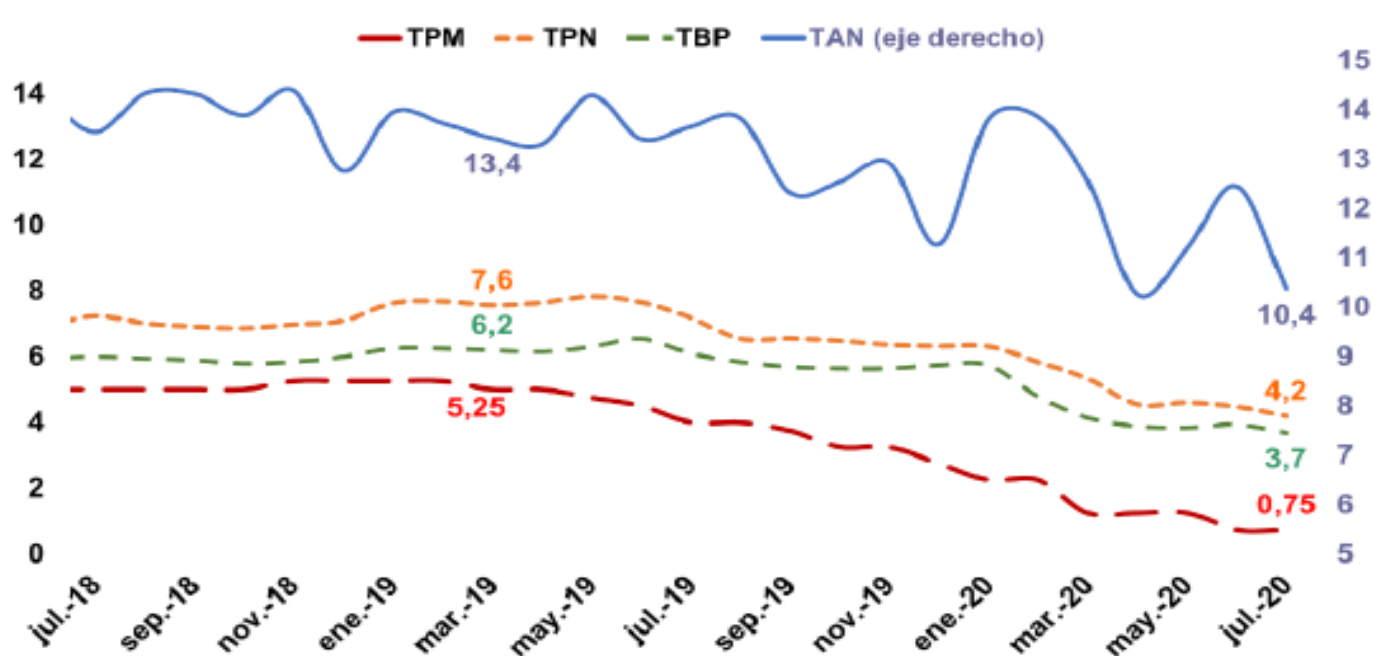
The impact on financing conditions in the economy and on market expectations triggered by monetary policy actions may lead to adjustments in asset prices (e.g. stock market prices) and the exchange rate. Changes in the exchange rate can affect inflation directly, insofar as imported goods are directly used in consumption, but they may also work through other channels.

# Tasa de Política Monetaria



Gráfico 19. TPM y tasas de interés del sistema financiero nacional <sup>1/</sup>

En porcentajes



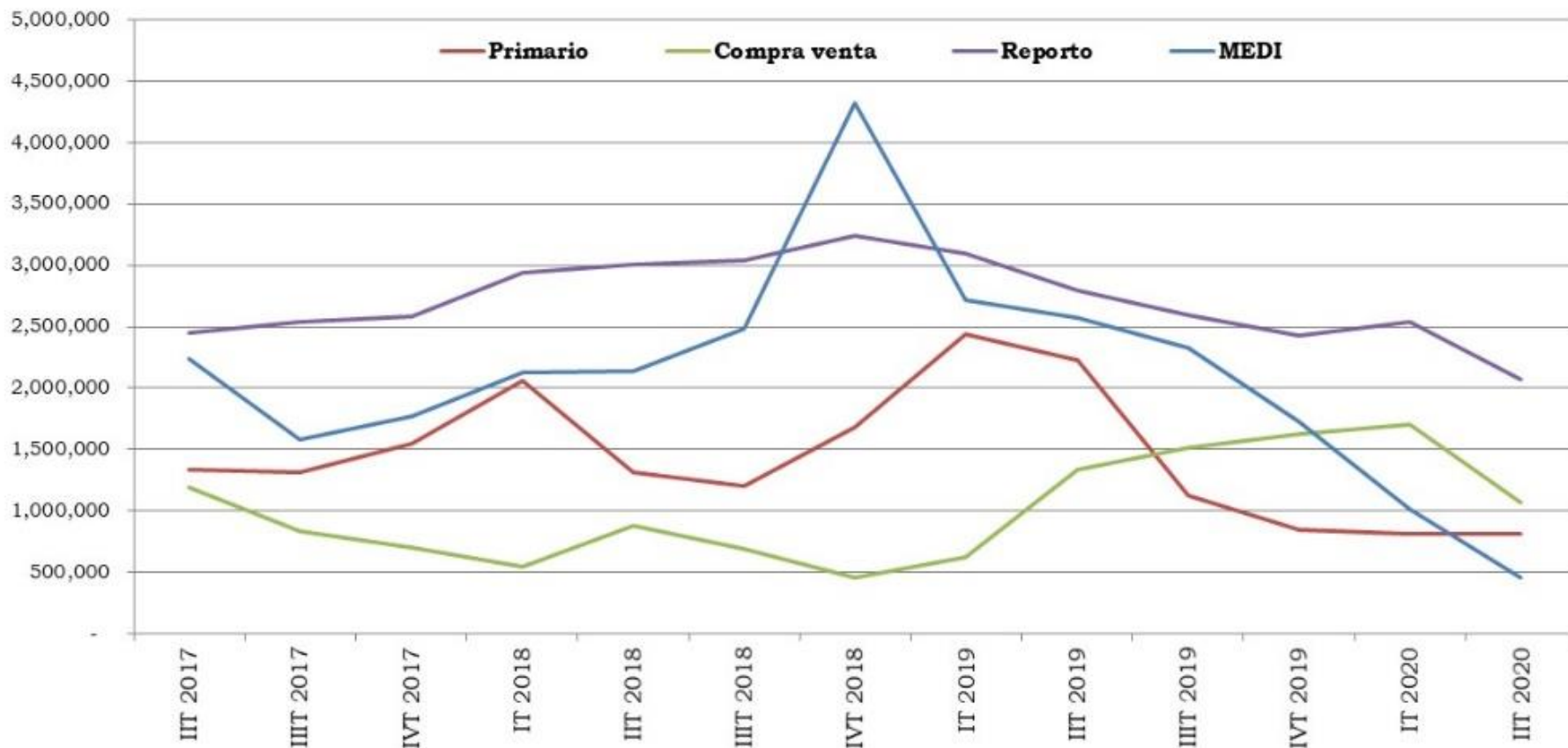
<sup>1/</sup> TPN: tasa pasiva negociada, TAN: tasa activa negociada, TBP: Tasa Básica Pasiva.

Fuente: Banco Central de Costa Rica.

# Evolución del volumen transado (cifras en millones de colones)



**ESTRUCTURA DE MERCADO: EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN TRIMESTRAL TRANSADO POR MERCADO**  
(Cifras expresadas en millones de colones)





# Volumen transado



*Tipo de valores comprados en el mercado primario*

*Por puesto de bolsa y categoría del instrumento*

*De enero a diciembre del 2019*

Categoría de instrumento											
Bono Emisor Internacional	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	4.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Bono Sector Financiero	18.3%	6.6%	17.9%	7.0%	5.5%	7.8%	6.2%	34.6%	0.0%	9.0%	10.3%
Bono Sector Privado no Financiero	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Deuda Gobierno y BCCR (Tasa fija)	62.8%	74.0%	43.2%	63.2%	74.3%	59.3%	67.3%	41.5%	85.9%	19.2%	70.3%
Corto Plazo	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mediano Plazo	15.4%	13.7%	24.5%	16.7%	29.1%	22.4%	23.8%	8.0%	41.2%	4.8%	21.8%
Largo Plazo	47.4%	60.0%	18.8%	46.6%	45.1%	36.5%	42.4%	33.5%	44.7%	14.4%	48.5%
Deuda Gobierno y BCCR (Tasa variable)	0.0%	0.0%	1.8%	4.2%	4.3%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%
Deuda Gobierno y BCCR (Udes)	0.0%	0.0%	0.0%	4.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Papel Comercial Gobierno y BCCR (Cero cupón)	2.1%	4.5%	10.0%	1.9%	2.0%	0.7%	5.1%	1.3%	14.1%	0.2%	1.3%
Papel Comercial Sector Financiero	16.8%	13.3%	26.1%	19.7%	13.8%	28.0%	4.9%	22.6%	0.0%	49.0%	6.4%
Título de Participación	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.7%	0.0%	0.0%	22.6%	10.1%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Promemoria (Millones)	568,890	1,592,367	724,941	556,753	561,893	256,004	210,992	87,183	667,347	63,529	238,103

# Volumen transado



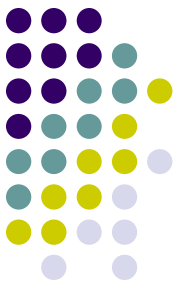
*Participación en el volumen transado en operaciones de compra venta*

*Principales clientes por puestos de bolsa*

*De enero a diciembre del 2019*

Ciente											
BCO	20.1%	11.9%	23.0%	0.9%	8.5%	53.5%	5.2%	2.3%	52.8%	45.9%	0.0%
COO	8.8%	20.1%	1.2%	0.2%	3.9%	1.9%	36.2%	0.0%	0.0%	5.0%	0.9%
FDO	15.9%	11.5%	16.9%	15.2%	14.6%	1.4%	12.6%	25.2%	0.0%	0.6%	19.4%
FIS	13.2%	8.4%	10.8%	4.9%	26.6%	1.0%	18.7%	19.5%	1.5%	16.3%	20.3%
JUR	17.3%	11.9%	18.3%	4.0%	22.9%	2.5%	17.8%	14.0%	42.1%	15.4%	25.3%
OPC	8.4%	11.1%	10.2%	2.4%	15.2%	17.0%	3.8%	15.5%	0.0%	0.0%	6.5%
PTO	0.2%	8.6%	1.9%	35.7%	0.5%	19.6%	0.7%	15.0%	0.2%	4.4%	4.4%
SEG	1.3%	0.0%	0.1%	28.4%	0.4%	2.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
OTROS	14.7%	16.5%	17.5%	8.2%	7.4%	0.7%	4.7%	8.6%	3.4%	12.5%	22.7%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Promemoria (Millones)	615,863	898,214	563,539	716,817	476,371	202,640	174,690	38,302	184,892	69,916	142,043

# Curva de rendimiento



## LA ESTRUCTURA TEMPORAL DE TASAS DE INTERÉS

Uno de los aspectos que atrae más la atención del análisis de las tasas de interés es la estructura con respecto al plazo de vencimiento de títulos, lo que se ha dado en llamar, la curva de rendimiento – plazo o, más técnicamente, la **Estructura Temporal de Tasas de Interés (ETTI)**.

De hecho, existen distintas teorías que explican el comportamiento de la Estructura Temporal de Tasas de Interés (**ETTI**), pero ninguna de ellas es contundente, aún en los mercados más desarrollados. Sin embargo, la **Teoría de las Expectativas Insesgadas (TEI)** ha parecido ser la que más aceptación ha merecido, quizá por su fortaleza técnica. Este enfoque fue introducido por Lutz y Lutz .

Esta teoría parte de que los mercados son eficientes, de manera que toda nueva información es rápidamente reflejada en los precios de los activos; se supone, además, que los inversionistas maximizan su beneficios esperado utilizando indistintamente títulos de largo y corto plazo; que no existen costos de transacción y hay libertad en cuanto al movimiento de capitales y que tanto el pago de los cupones como la devolución del principal se conocen con certeza (véase Mascareñas, 1998: 15).

# Curva de rendimiento



## Modelos para estimar curvas de descuento

- Modelos de interpolación:
  - Interpolación lineal simple
  - *Bootstrapping*
- Modelos de regresión:
  - Regresión lineal
  - Regresión logarítmica
- Modelos polinomiales:
  - Splines Cúbicos
- Modelos paramétricos:
  - Modelo de Nelson–Siegel
  - Modelo de Svensson

# Curva de rendimiento



## Modelos paramétricos

- Estiman las tasas de cero cupón que se encuentran implícitas en los precios de mercado.
- Se eligen los bonos que formarán parte de la curva de descuento y se estima un precio.
- Posteriormente se minimizan las diferencias existentes entre el precio estimado por el modelo y el precio observado en el mercado, mediante un proceso matemático de minimización.
- Lo anterior permite estimar los parámetros **beta** del modelo para así calcular la tasa de descuento a cualquier plazo deseado.

# Curva de rendimiento



## Metodologías aplicadas por Bancos Centrales del Mundo

Banco Central	Metodología <sup>1</sup>	Estimación Disponible	Frecuencia	Minimización de error	Amplitud
Bélgica	SV NS	01/09/1997	Diaria	Precio ponderado	De 2 días a 16 años
Canadá	SV	23/06/1998	Diaria	Precio ponderado	De 1 a 30 años
Finlandia	NS	03/11/1998	Diaria	Precio ponderado	De 1 a 12 años
Francia	SV NS	03/01/1992	Semanalmente	Precio ponderado	Hasta 10 años
Alemania	SV	07/08/1997 01/01/1973	Diariamente Semanalmente	Rendimiento	De 1 a 10 años
Italia	NS	01/01/1996	Diariamente	Precio ponderado	Hasta 10 años
Japón	SS	29/07/1998	Semanal	Precios	De 1 a 10 años
Noruega	SV	21/01/1998	Mensual	Rendimiento	Hasta 10 años
España	SV NS	01/01/1995 01/01/1991	Diaria Mensual	Precio ponderado	Hasta 10 años
Suecia	SV	09/12/1992	Semanal	Rendimiento	Hasta 10 años
Suiza	SV	04/01/1998	Diaria	Rendimiento	De 1 a 30 años
Reino Unido	SV VRP	04/01/1982	Diaria Mensual	Precio ponderado	De 1 semana hasta 30 años
Estados Unidos	SS	14/06/1961	Diaria	Precios	De 1 año a 10 años

Fuente: BIS Data Bank

<sup>1</sup>NS=Nelson-Siegel, SV=Svensson, SS=splines suavizados, VRP=variable de penalización por rugosidad



# Curva de rendimiento



- **Modelación del sector de la curva hasta los 10 años:** se utilizará el modelo paramétrico propuesto por Svensson (1994).<sup>1</sup> Este método busca minimizar las diferencias (errores) al cuadrado entre los rendimientos observados (se incluyen las negociaciones desde 1 día plazo hasta 11 años plazo), y los estimados mediante la siguiente forma funcional:

$$s_m = \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{1 - e^{-\frac{m}{\tau_1}}}{\frac{m}{\tau_1}} \right) + \beta_2 \left( \frac{1 - e^{-\frac{m}{\tau_1}}}{\frac{m}{\tau_1}} - e^{-\frac{m}{\tau_1}} \right) + \beta_3 \left( \frac{1 - e^{-\frac{m}{\tau_2}}}{\frac{m}{\tau_2}} - e^{-\frac{m}{\tau_2}} \right)$$

De esta forma, se deben estimar seis parámetros por medio de algoritmos de optimización no lineal, con el fin de generar una curva continua y suavizada a partir de observaciones puntuales de mercado. Este modelo es relativamente flexible en cuanto al ajuste a los datos observados y presenta la ventaja de que sus coeficientes tienen una interpretación económica. Cada parámetro se explica a continuación:

- $\beta_0$  = tasa de interés de largo plazo. Este parámetro debe ser positivo y la curva va a converger a su valor conforme el plazo se incrementa.
- $\beta_1$  = margen entre la tasa de corto plazo y de largo plazo. Esta refleja la velocidad a la que la curva converge a la tasa de largo plazo. Cabe destacar que  $\beta_0 + \beta_1$  es igual a la tasa de muy corto plazo.
- $\tau_1$  y  $\tau_2$  = parámetros que determinan la posición de una primera y segunda curvatura, respectivamente (ver descripción de  $\beta_2$  y  $\beta_3$ ). Estos deben ser positivos.
- $\beta_2$  y  $\beta_3$  = componentes de mediano plazo (curvatura). Reflejan la magnitud y dirección de una primera y segunda curvatura, respectivamente. Un valor positivo se refleja en una “joroba” o U-invertida, mientras que un valor negativo refleja el caso inverso.

# Curva de rendimiento



## Curva de Rendimiento Soberana

Banco Central de Costa Rica

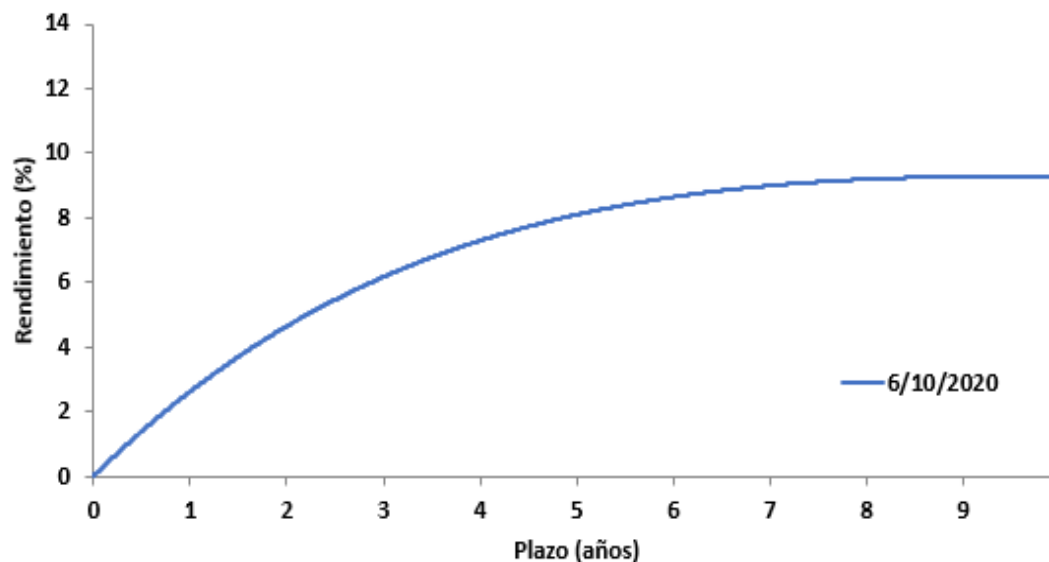
\*Tasas netas de impuesto

\*\*Con datos semanales del 30/09/20 al 06/10/20

Vigente para el periodo entre el  
07/10/20 al 13/10/20\*\*

Plazo en días	Plazo en años	Tasa (%)*
1	0.003	0.010
2	0.006	0.026
3	0.008	0.034
4	0.011	0.042
5	0.014	0.050
6	0.017	0.059
7	0.019	0.067
8	0.022	0.075
9	0.025	0.083
10	0.028	0.091
11	0.031	0.099
12	0.033	0.107
13	0.036	0.116
14	0.039	0.124
15	0.042	0.132
16	0.044	0.140
17	0.047	0.148

Curva de Rendimiento Soberana





# CASO IV



# Modelos de reducción de dimensiones:

**Simplificar o reducir el número de dimensiones en un conjunto de datos se puede tratar mediante el análisis técnicas multivariadas a través de modelos lineales y no lineales.**

Algunos modelos clásicos, y de aprendizaje automático y profundo (minería de datos) utilizados son los siguientes:

- Análisis de Componentes Principales
- Análisis de Componentes Principales para datos funcionales
- Análisis de Componentes Principales por intervalo
- Análisis de Componentes Principales Kernel
- Análisis de Componentes Principales No Lineal
- Análisis de Factores
- Autoencoders
- Curvas Principales
- Escalamiento multidimensional y sus variantes

# Guía de trabajo



**El propósito del trabajo es contar con una métrica que permita analizar la curva de rendimiento soberana doméstica de Costa Rica de forma agregada, pues no necesariamente el interés del análisis sobre la curva se centra únicamente de forma idiosincrática, y muchas veces interesa desde un punto de vista más amplio, agregado y macroprudencial, conocer la evolución y el comportamiento de los rendimientos (dirección y oportunidad).**

***El desarrollo del trabajo del Caso IV está compuesto de dos partes:***

1. Construir una métrica que permita analizar de forma agregada la curva de rendimiento soberana en colones de Costa Rica.
2. Posterior a su diseño y construcción, debe de calibrar la métrica, y definir al menos definir dos estados (normal y estresado). La idea es que la calidad de la métrica permita arrojar con confiabilidad y validez alertas tempranas sobre el comportamiento de los rendimientos en el mercado de valores, para lo cual deberá realizar pruebas retrospectivas (entre otras), a fin de evaluar su calidad en el tiempo (revisar efectos crisis financiera 2008-2009 en C.R.).

# Bases de datos



## La base de datos presenta las siguientes características:

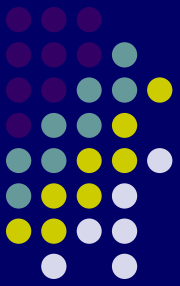
- La base de datos por su estructura es de corte temporal. Sin embargo, tenga presente que lo que va a realizar primero es un análisis multivariado.
- La base presenta información sobre la curva de rendimiento soberana doméstica (local) construida por el B.C.C.R.
- Los datos son rendimientos netos de impuestos (15% con última reforma)
- La curva se construye con observaciones semanales (M a K), es decir en  $t-1$  y queda vigente para su uso y aplicación para la semana siguiente, ósea, en  $t$ .
- La curva de rendimiento soberana es una referencia para los rendimientos negociados en colones.
- Cantidad de casos: Aproximadamente 260 semanas, del 07/10/2015 al 03/11/2020.
- Cantidad de variables: 3600 observaciones o rendimientos por curva, caso o semana.



# Documentos de apoyo

Como parte de la investigación sobre el tema para la resolución del caso, se adjunta una serie de documentos (técnicos y conceptuales) y sitios de referencia generales y de carácter público de soporte para la resolución:

- MH Deuda Pública 2020.
- MH Boletín agosto 2020 sobre Ingresos y Gastos.
- Nota Metodológica Curva de Rendimiento Soberana Costa Rica.
- Revisión del Programa Macroeconómico 2020-2021.
- Perfil de la deuda del Gobierno Central.
- <http://www.bccr.fi.cr>



WILLIAM FEATHER



---

**UNA DE LAS COSAS DIVERTIDAS  
SOBRE EL MERCADO DE VALORES  
ES QUE CADA VEZ QUE UNA  
PERSONA COMPRA, OTRA VENDE,  
Y AMBOS CREEN QUE SON  
ASTUTOS**

---