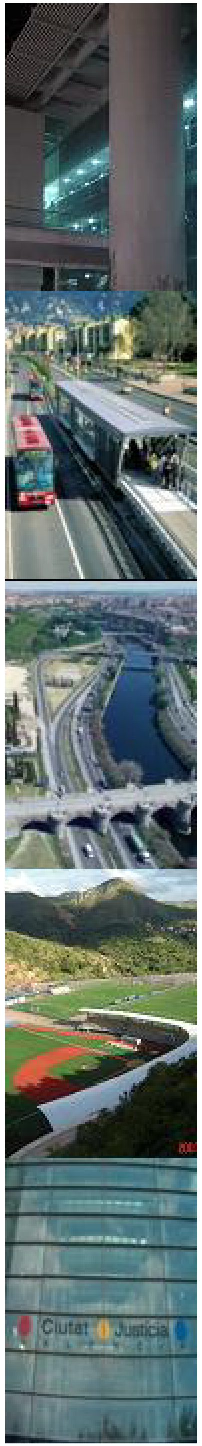


PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

# SEGUNDO ENCUENTRO TÉCNICO SOBRE LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE ASOCIACIÓN PÚBLICO-PRIVADA

## Modelación Financiera II

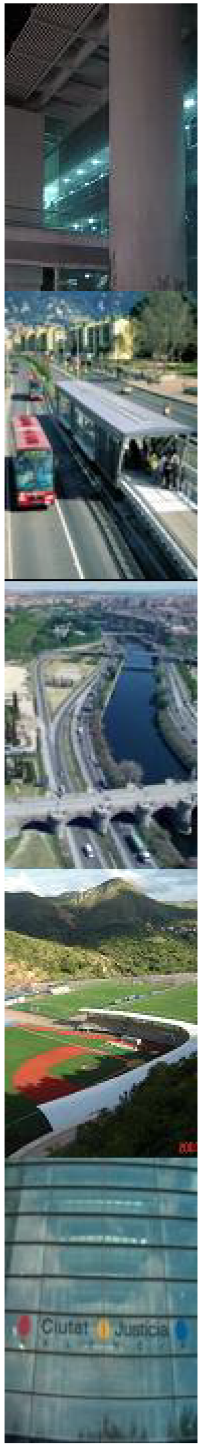
### Evaluación estocástica de proyectos

**ENRIQUE MORAGA BERARDI**

enrique.moraga.b@gmail.com

**20, 21 y 22 de julio de 2009**

**Guanajuato, Guanajuato, México**



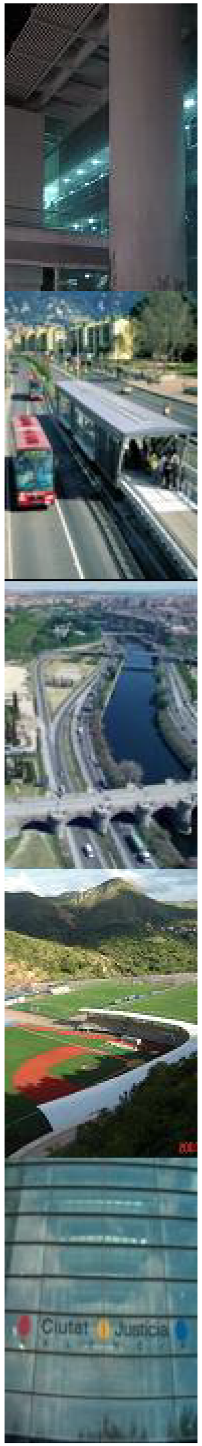
# Temario

- ¿Por qué se utiliza?
- 
- ¿Cuándo se realiza?
- ¿Cómo se hace?
  - Paréntesis Conceptual
  - Selección de v.a.
  - Supuestos de modelación
  - Iteraciones
  - Criterio de convergencia
  - Histogramas de los resultados
  - Análisis

Paréntesis Conceptual:

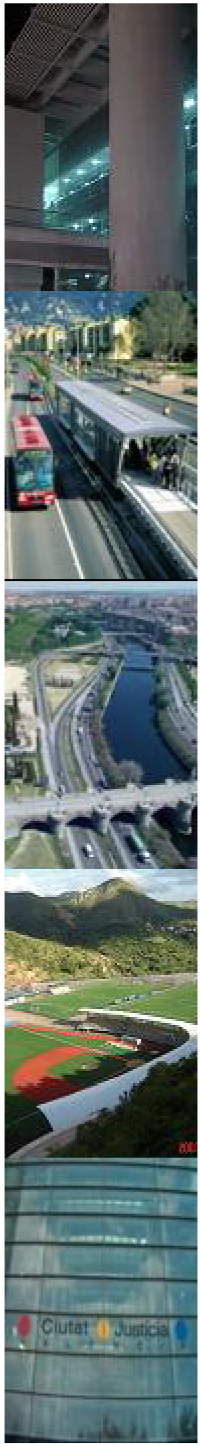
- ¿Qué es probabilidad?
- ¿Qué es una v.a.?
- Histogramas
- Función de probabilidad
- Función de densidad de prob.
- Función de distribución de prob.
- Percentiles
- Intervalos de confianza

Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos



# ¿Por qué se utiliza?

- Porque es la herramienta para cuantificar riesgos
- Entrega más información, ya que los resultados son intervalos de confianza en lugar de valores aislados.
- Permite modelar mejor el comportamiento real de las variables involucradas.
- Permite determinar la necesidad de garantías y valorarlas



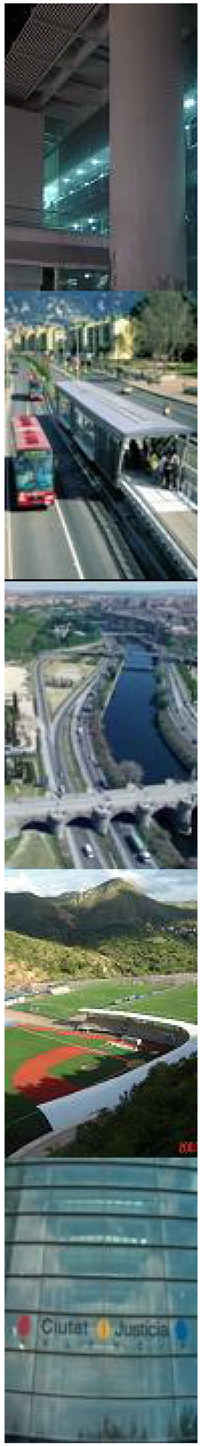
# Temario

- ¿Por qué se utiliza?
- ¿Cuándo se realiza?
- ¿Cómo se hace?
  - Paréntesis Conceptual
  - Selección de v.a.
  - Supuestos de modelación
  - Iteraciones
  - Criterio de convergencia
  - Histogramas de los resultados
  - Análisis

BID

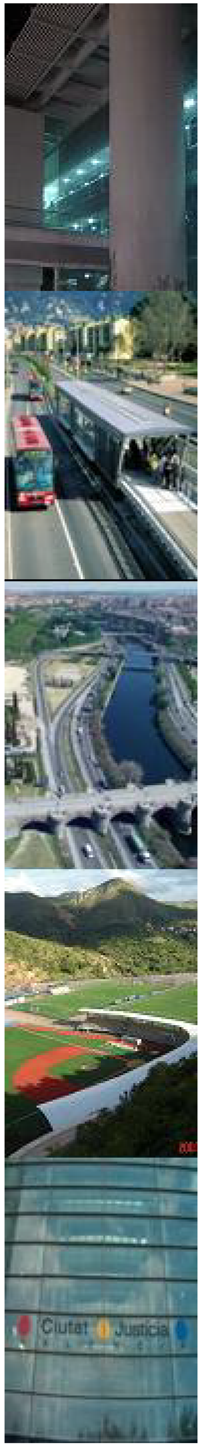
PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN



# ¿Cuándo se realiza?

- Si la evaluación tradicional muestra que el proyecto no es rentable → NO se hace
- Si la ET entrega una TIR alta, tampoco es muy necesaria, salvo para dimensionar garantías o multas.
- Es muy relevante cuando el proyecto está ajustado, sobre todo en el análisis de la viabilidad financiera.



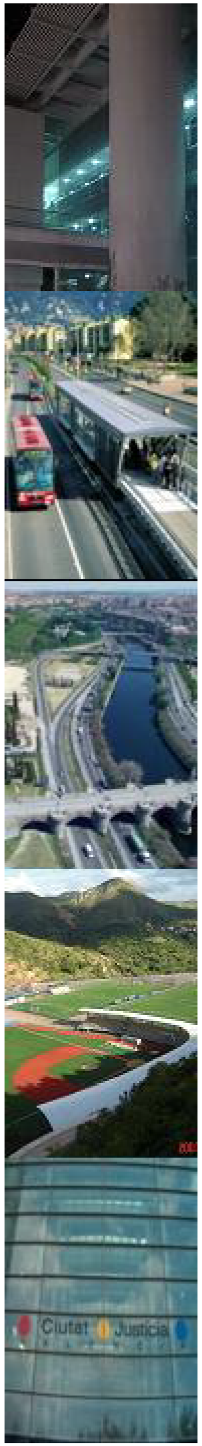
# Temario

- ¿Por qué se utiliza?
- ¿Cuándo se realiza?
- ¿Cómo se hace?
  - Paréntesis Conceptual
  - Selección de v.a.
  - Supuestos de modelación
  - Iteraciones
  - Criterio de convergencia
  - Histogramas de los resultados
  - Análisis

BID

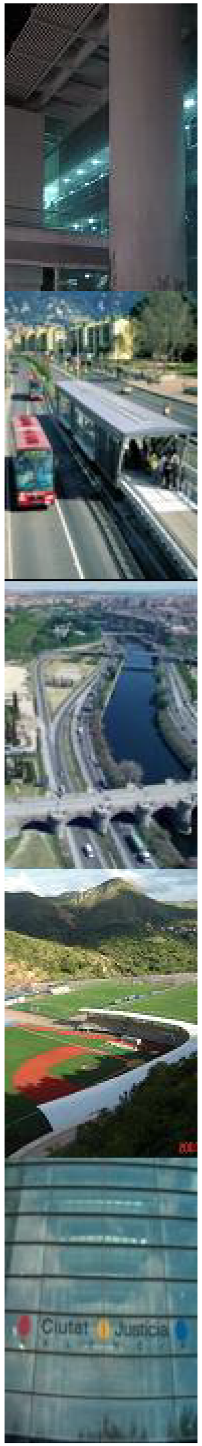
PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN



# ¿Qué es probabilidad?

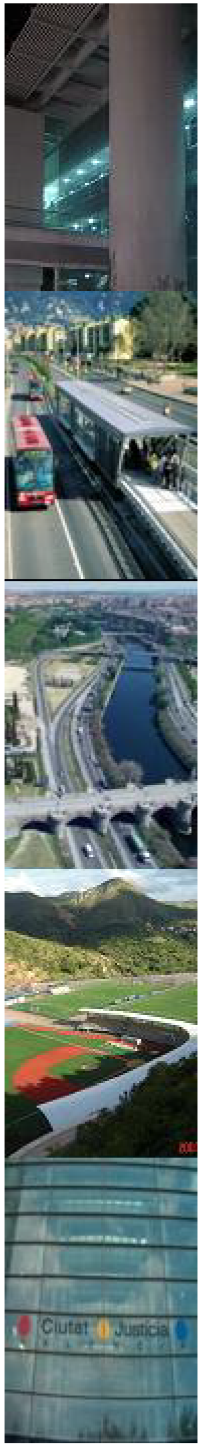
- Definición: en un proceso aleatorio, es la razón entre el número de casos favorables y el número de casos posibles.
  - Ej: Lanzar una moneda
    - Total de resultados posibles = 2 (C-S)
    - La probabilidad que salga cara = ½ = 50%
    - La probabilidad que salga sello = ½ = 50%
    - Notas:
      - Un proceso aleatorio es cualquier actividad en la que conocemos los posibles resultados pero no podemos predecirlos con certeza
      - La suma de las probabilidades asociadas a todos los posibles resultados de un evento debe ser igual a 1



# ¿Qué es una variable aleatoria?

- Definición teórica: una v.a. es una función definida en el espacio muestral asociado a un experimento aleatorio.

- Definición práctica: una v.a. es una variable cuyo valor no es conocido a priori pero sí se conoce su comportamiento teórico o bien su comportamiento histórico (histograma, función de probabilidad o de densidad de probabilidad) y por lo tanto se puede estimar su probabilidad de ocurrencia.



# ¿Qué es una variable aleatoria?

- Ejemplos
  - Experimento: Lanzar moneda 2 veces

    Sea X = total de caras obtenido

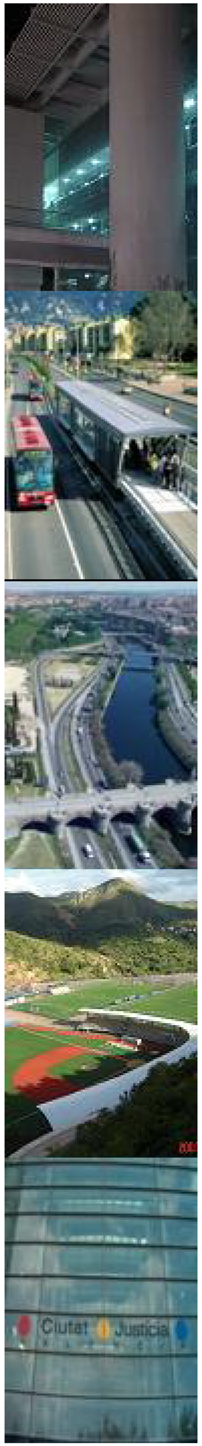
    X puede ser 0, 1 ó 2 (v.a. discreta, X ~ Bin(2;0,5))

    Los resultados posibles son CC-CS-SC-SS

    $$p(X=0)=1/4$$

    $$p(X=1)=1/2$$

    $$p(X=2)=1/4$$
  - La inversión de un proyecto puede ser Δ (70,75,90)
  - El tipo de cambio es una v.a. ~ ?????



# Histogramas

- Es la representación del comportamiento de una v.a. en un gráfico de barras.
- La superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia o bien a la probabilidad de ocurrencia del intervalo
- La superficie total es igual al número de observaciones o a 1 si las áreas expresan probabilidad
  - Nota: Para las v.a. discretas, es la representación de su función de probabilidad, mientras que para las v.a. continuas es una representación discreta de su función de densidad de probabilidad

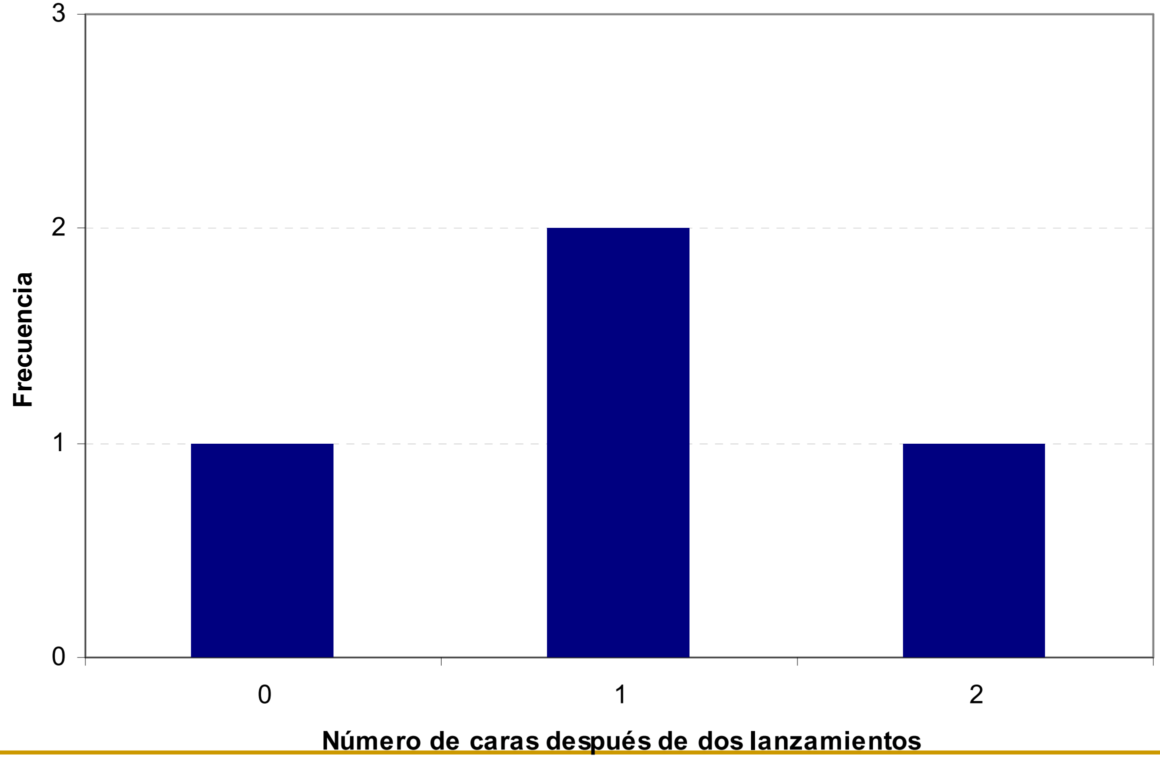
BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

# Histogramas

- Ejemplo de histograma teórico del número de caras obtenido al lanzar una moneda 2 veces



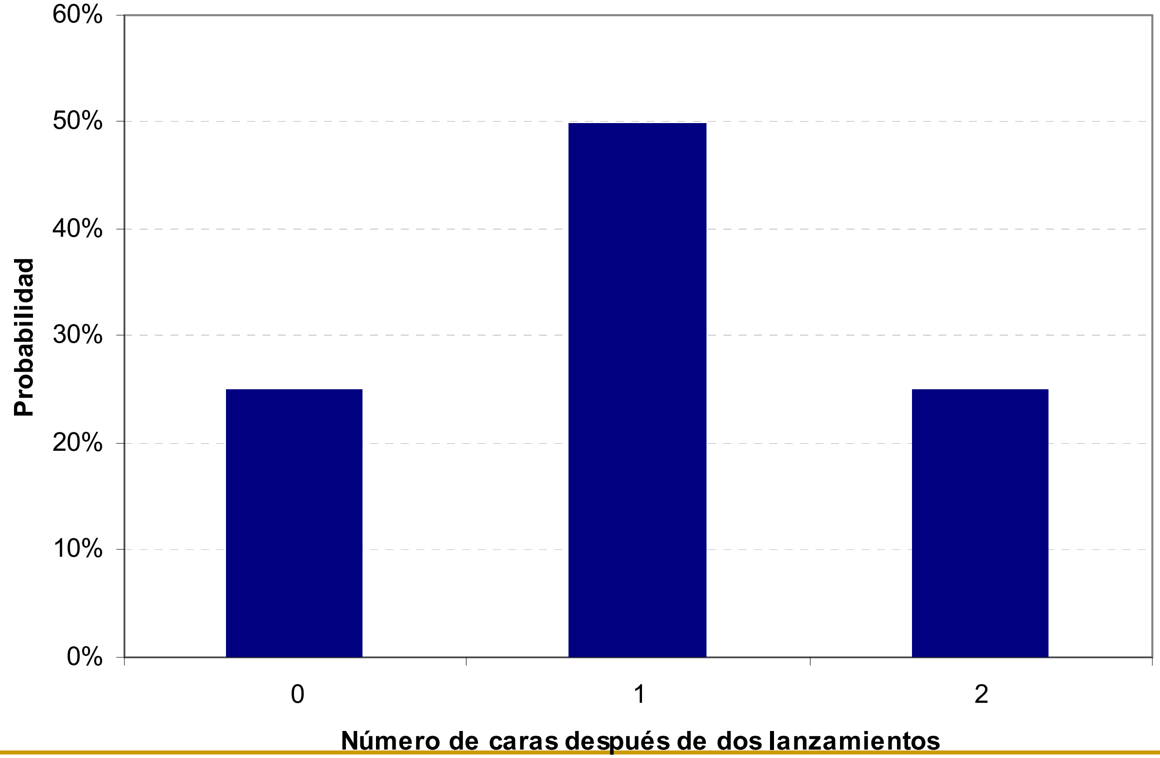

P(X=0) = 1/4

P(X=1) = 2/4

P(X=2) = 1/4

# Histogramas

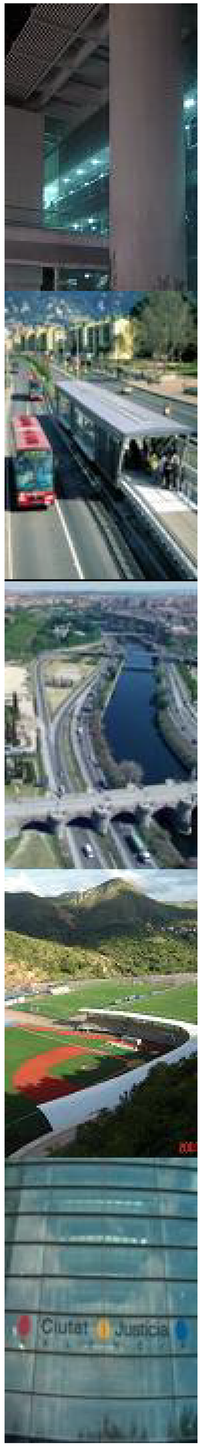
- Ejemplo de histograma teórico del número de caras obtenido al lanzar una moneda 2 veces




P(X=0) = 25%

P(X=1) = 50%

P(X=2) = 25%



# Histogramas

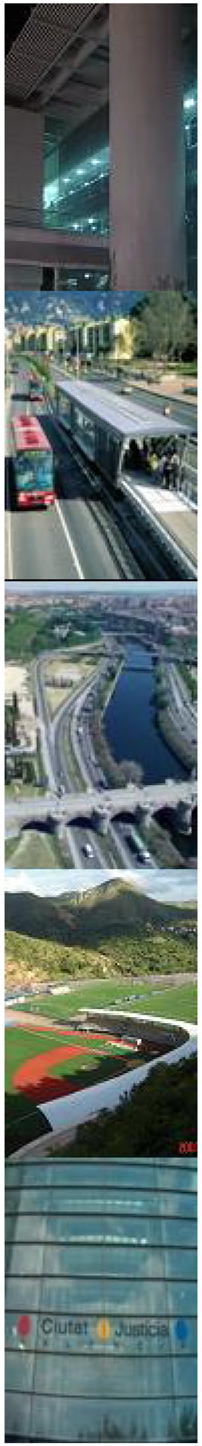
- Algunos problemas prácticos
  - El histograma histórico (medido) puede no ser representativo del verdadero comportamiento de la variable en estudio (pocos datos)
  - Si un intervalo quedó sin observaciones, ¿cómo se determina su probabilidad de ocurrencia?

- Solución
  - Asimilar el comportamiento de la variable a una función de probabilidad conocida (v.a. discretas) o bien a una función de densidad de probabilidad conocida (v.a. continuas)
    - La función de probabilidad es la encargada de asignar una probabilidad a cada valor posible de la v.a. discreta
    - La función de densidad de probabilidad es la que permite calcular la probabilidad de ocurrencia de una v.a. continua

BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN



# Función de probabilidad

- Es la que asigna probabilidad a cada uno de los posibles valores de una v.a. discreta
  - Sea X=número de caras al lanzar una moneda 2 veces.
  - X ~ Bin(n,p), con n=2 y p=0,5

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

$$f(x) = \binom{2}{x} \frac{1}{2^x} \times \frac{1}{2^{2-x}} = \frac{2!}{x!(2-x)!} \times \frac{1}{4} \longrightarrow$$

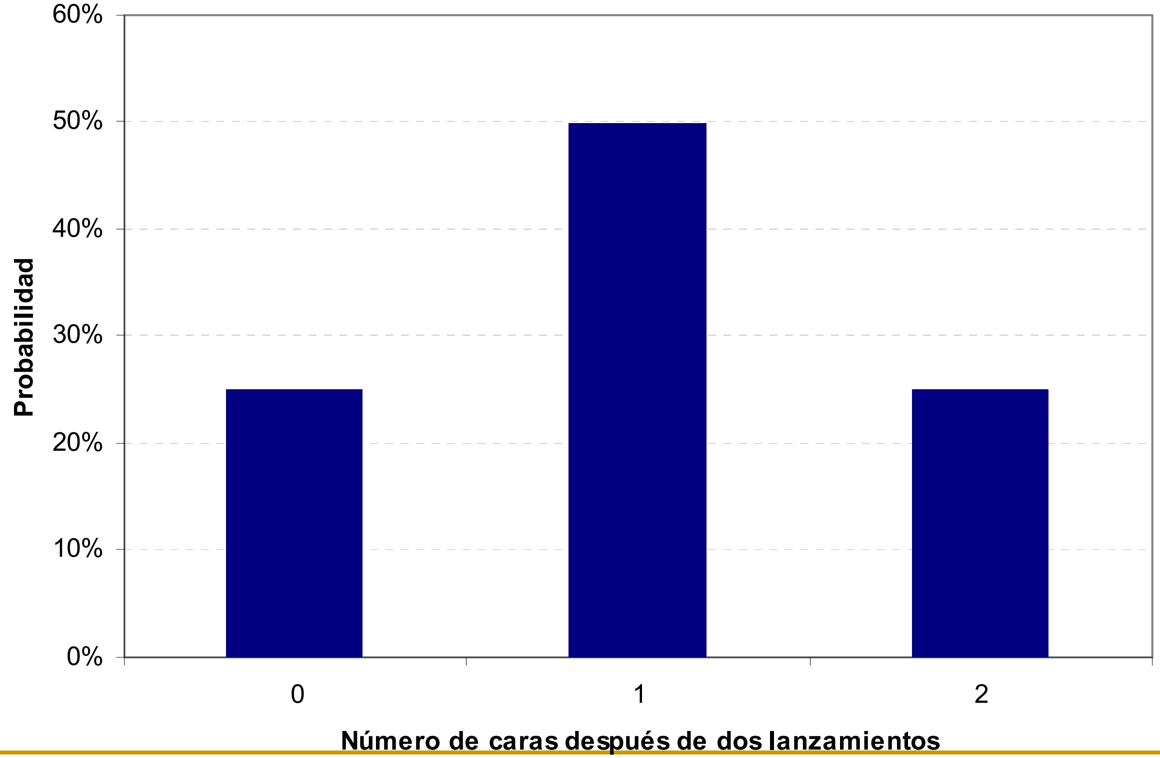
P(X=0) = f(0)= 25%

P(X=1) = f(1)= 50%

P(X=2) = f(2)= 25%

# Función de probabilidad

- En este caso, como se trata de una v.a. discreta, el histograma es la representación gráfica de la función de probabilidad



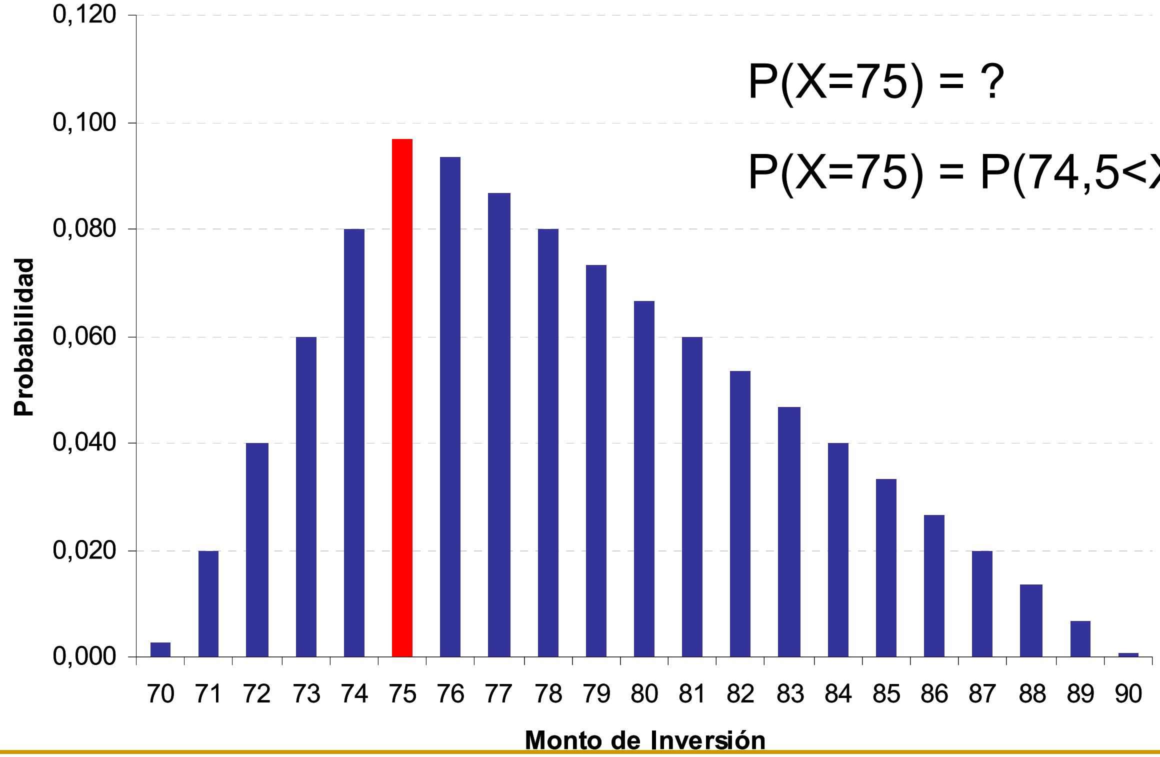

P(X=0) = 25%

P(X=1) = 50%

P(X=2) = 25%

# Función de probabilidad

- Supongamos X~Δ (70,75,90)
- Histograma con Δx = 1 unidad




P(X=75) = ?

P(X=75) = P(74,5<X<75,5) = 9,7%

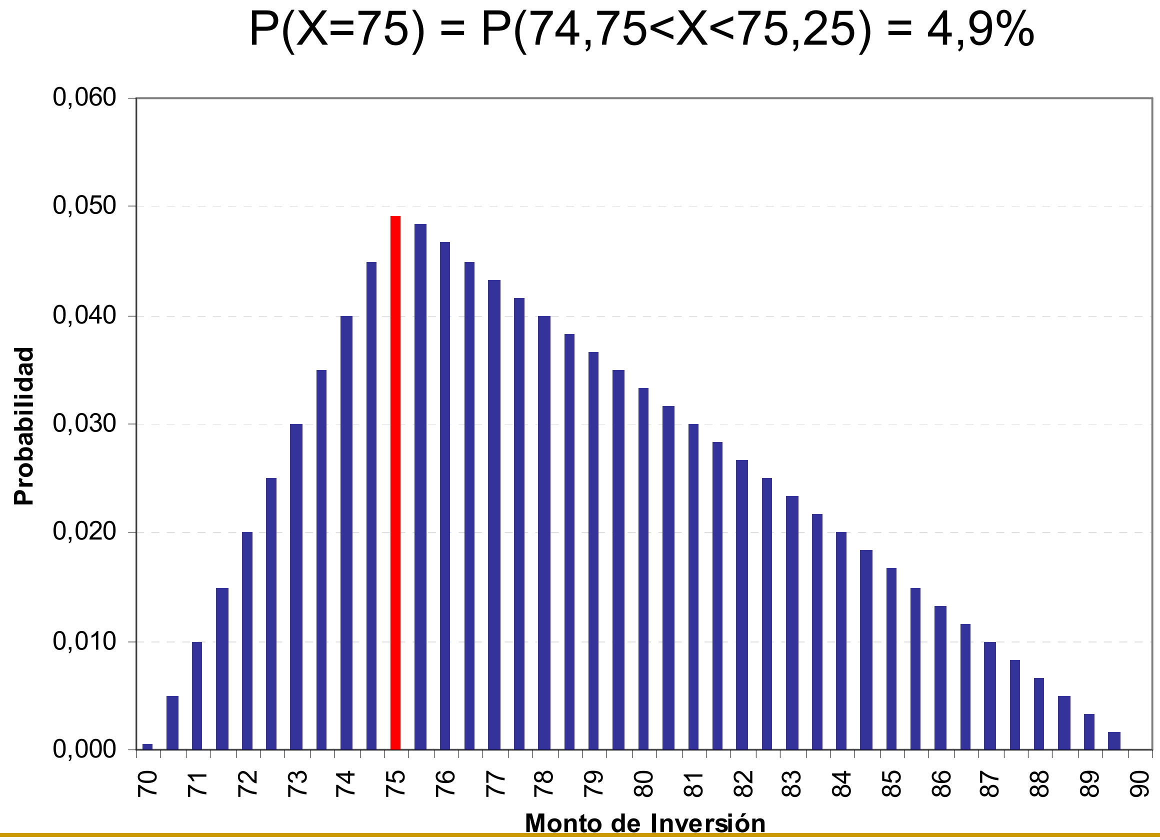
BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

# Función de probabilidad

- Histograma con Δx = ½ unidad



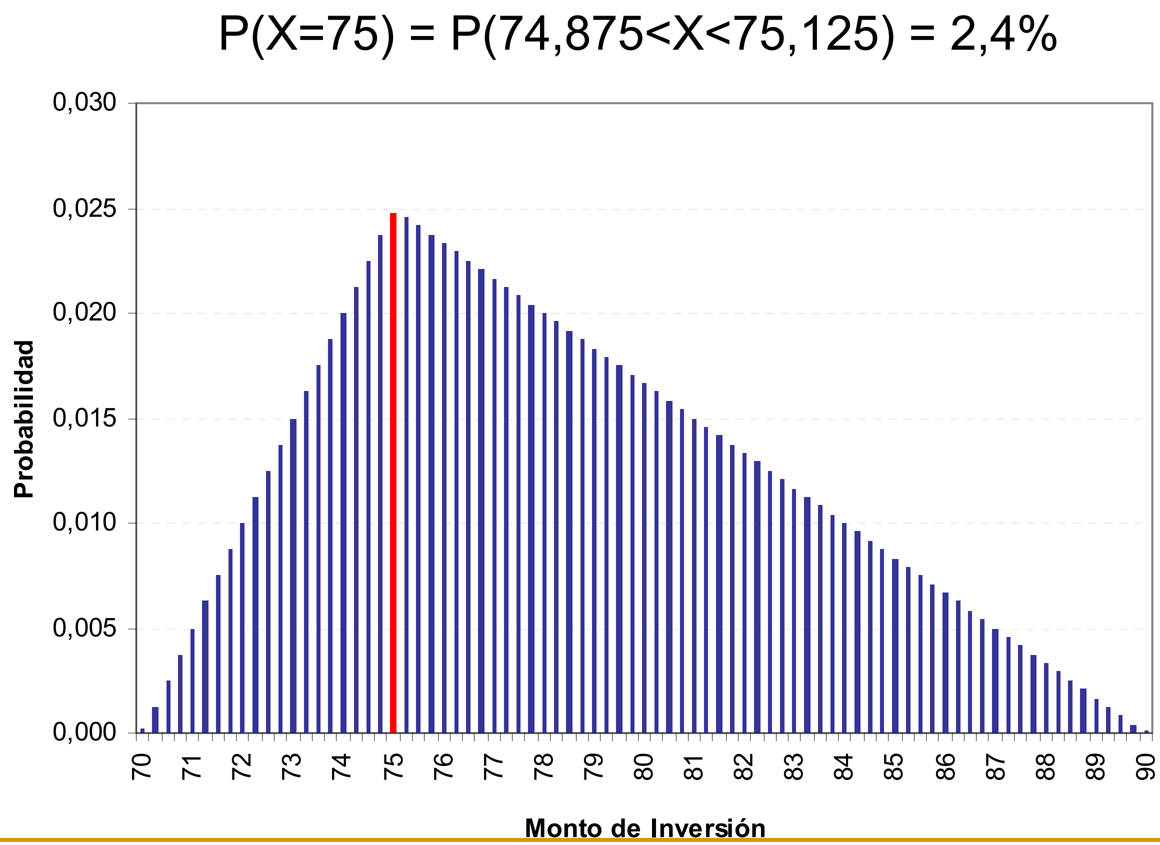

BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

# Función de probabilidad

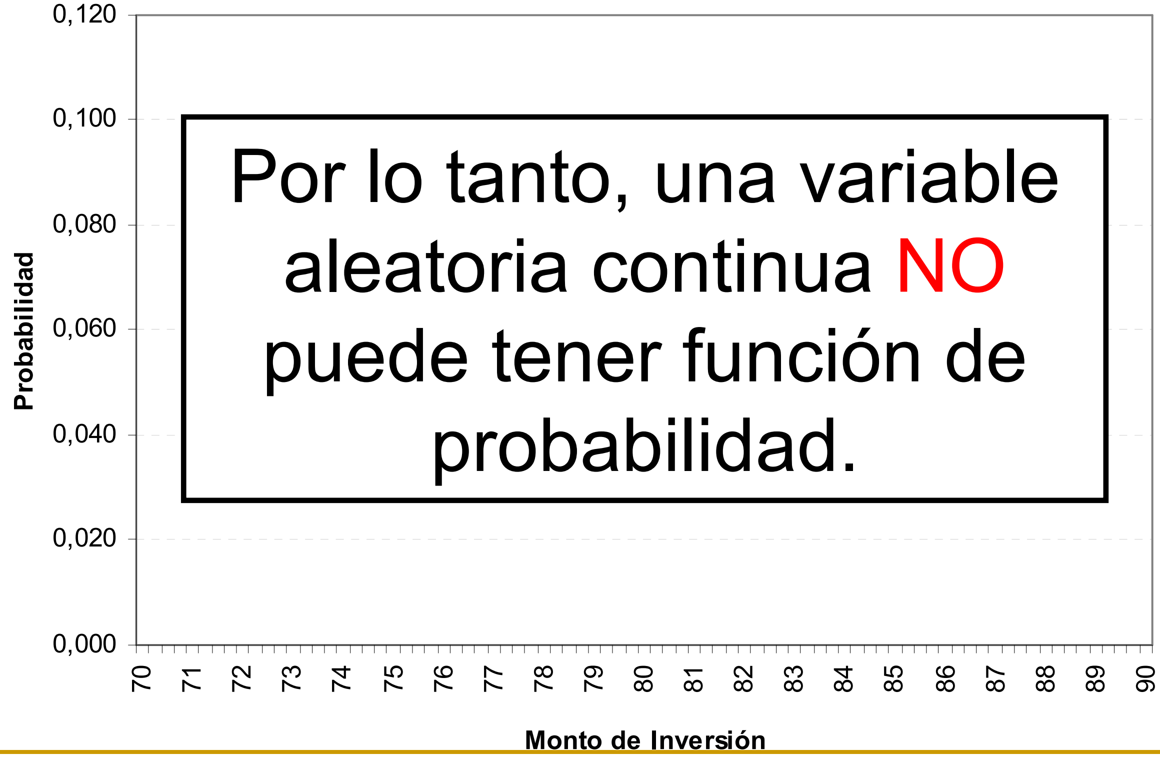
- Histograma con Δx = ¼ unidad



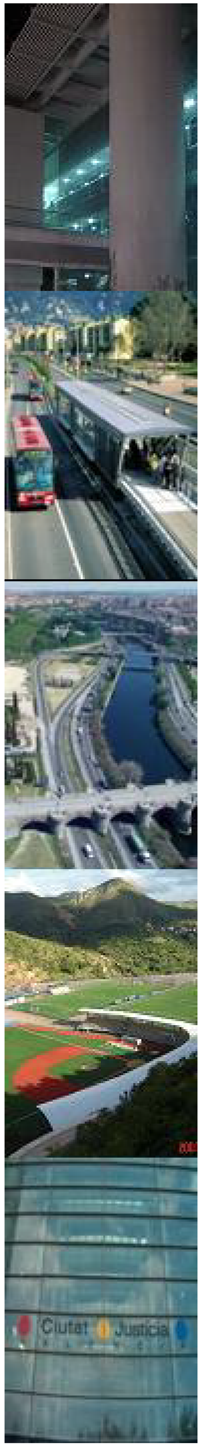
# Función de probabilidad

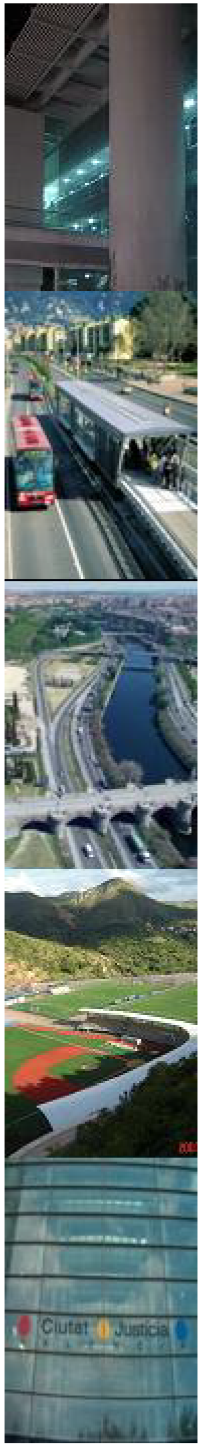
- Histograma con $\Delta x = 0$ (fdp)

P(X=75) = 0




Por lo tanto, una variable aleatoria continua NO puede tener función de probabilidad.





# Función de densidad de probabilidad

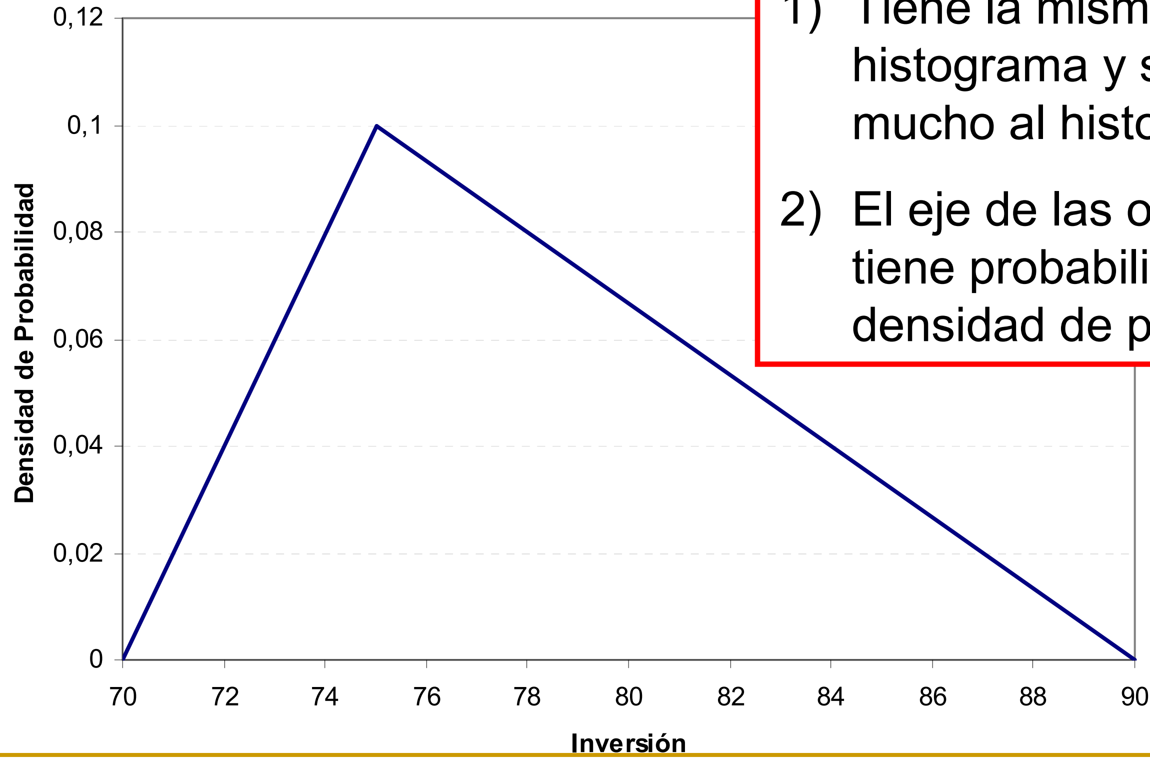
- ¿Cómo entonces se determinan las probabilidades de ocurrencia cuando se trabaja con v.a. continua?
- Se determinan mediante la integración de la función de <u>densidad de probabilidad</u> en el rango en que se desea medir la probabilidad. Por ejemplo:

$$P(74{,}5 \leq x \leq 75{,}5) = \int_{74{,}5}^{75{,}5} f(x)dx$$

- f(x) es la fdp de x y es una mera herramienta para poder calcular la probabilidad de ocurrencia

# Función de densidad de probabilidad

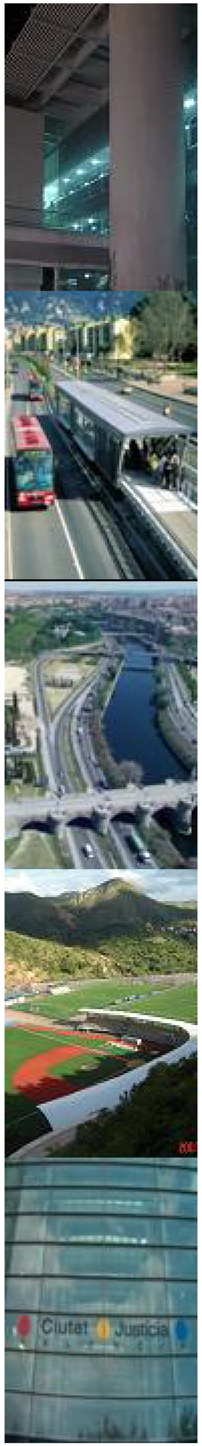
- Representación de la fdp Δ (70,75,90)




Notar que:

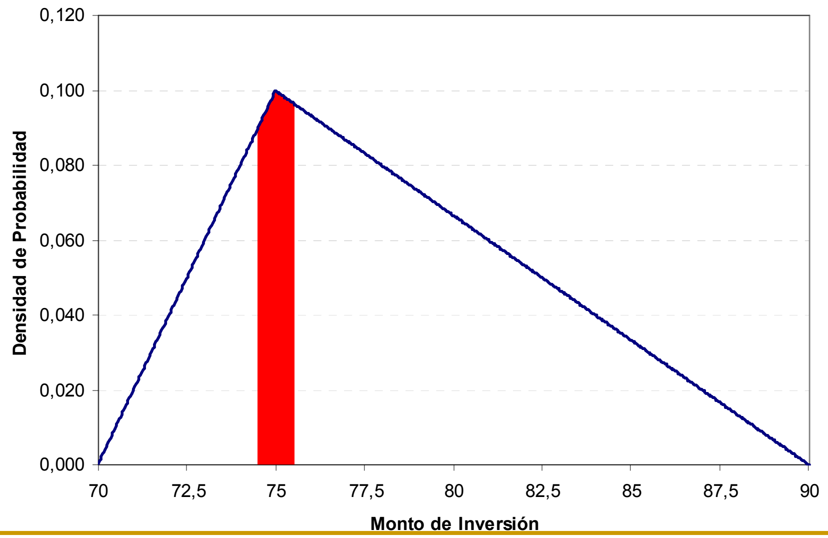
1) Tiene la misma forma del histograma y se parece mucho al histograma con dx=1
2) El eje de las ordenadas no tiene probabilidad, sino densidad de probabilidad

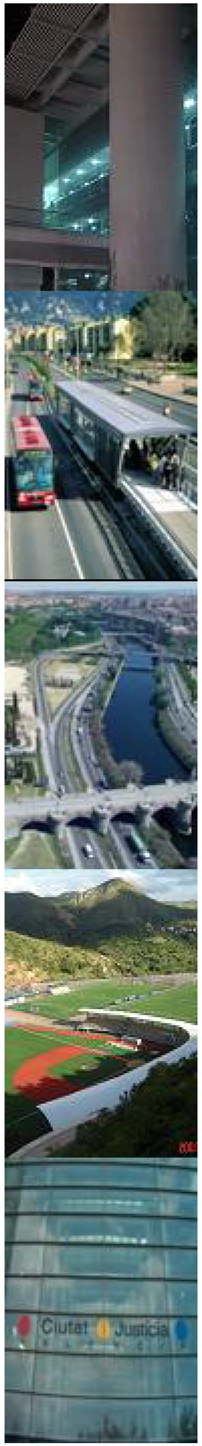
# Función de densidad de probabilidad



- ¿Cómo se construye el histograma?
  - Primero se define el ancho de cada intervalo (d)
  - Luego se calcula la probabilidad de cada barra

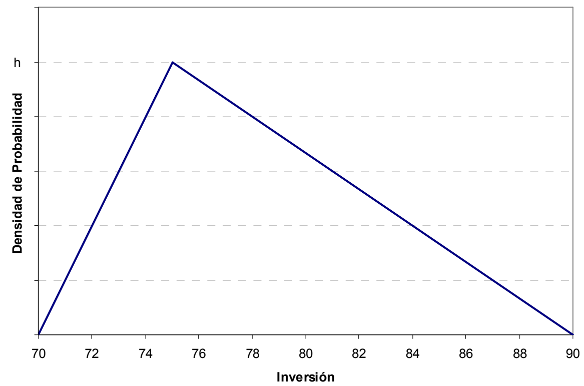
$$P(x=75) \approx P(75-d \leq x \leq 75+d) = \int_{75-d}^{75+d} f(x)dx$$





# Función de densidad de probabilidad

- ¿Cómo es la fdp de la Δ (70,75,90)?
- ¿Qué se conoce de ella?




  - Vale 0 en x = 70
  - Vale 0 en x = 90
  - Vale h en x = 75
  - El área bajo la curva debe ser igual a 1
  - Por lo tanto, $Area = \frac{1}{2}(90-70)\times h = 1 \longrightarrow h = 0{,}1$
  - Luego,

$$f(x) = \begin{cases} 0{,}1\times(x-70)/5 & \text{si } x \le 75 \\ 0{,}1-0{,}1\times(x-75)/15 & \text{si } x > 75 \end{cases}$$

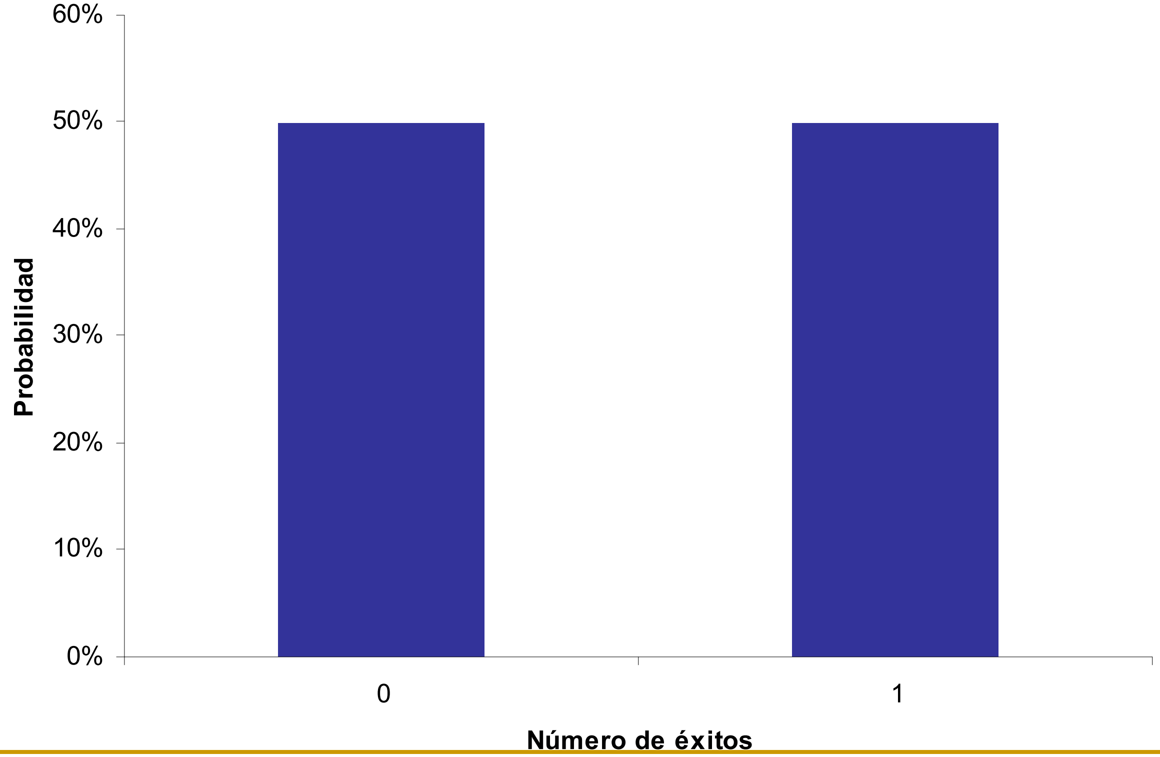
BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

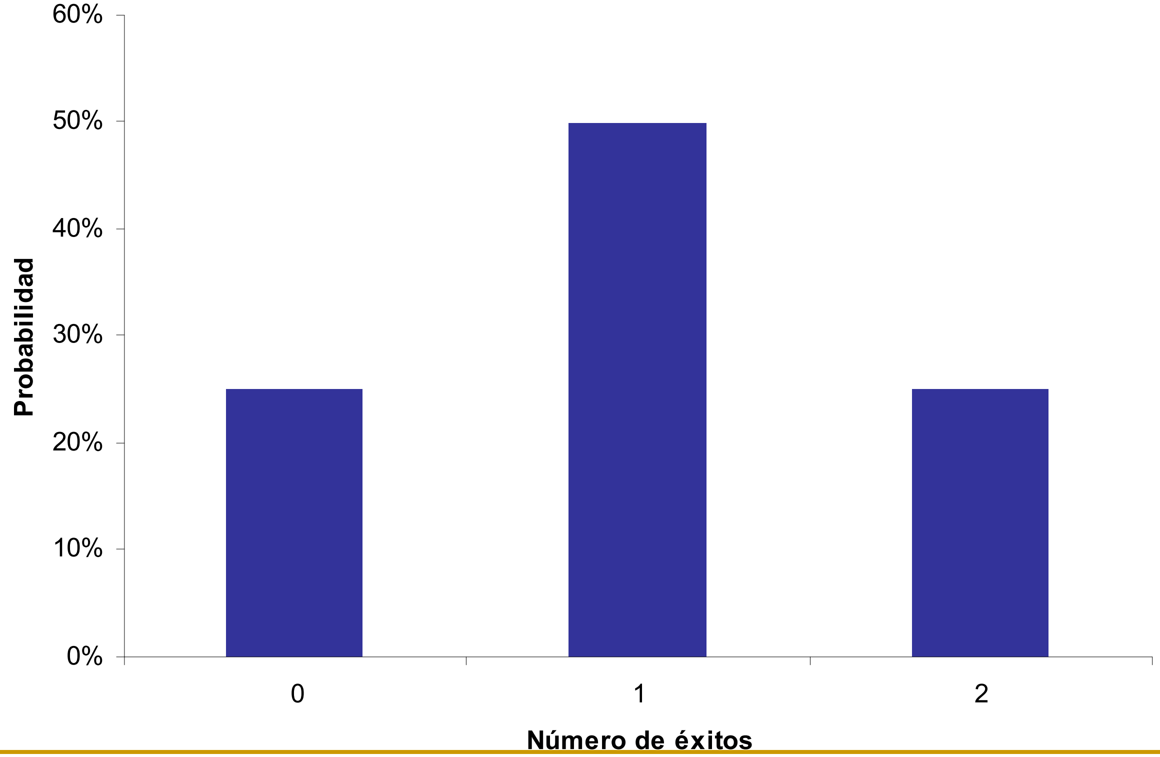
# Ejemplos de fp y fdp

- Binomial (número de éxitos después de realizar n ensayos) con n=1 y p=50%



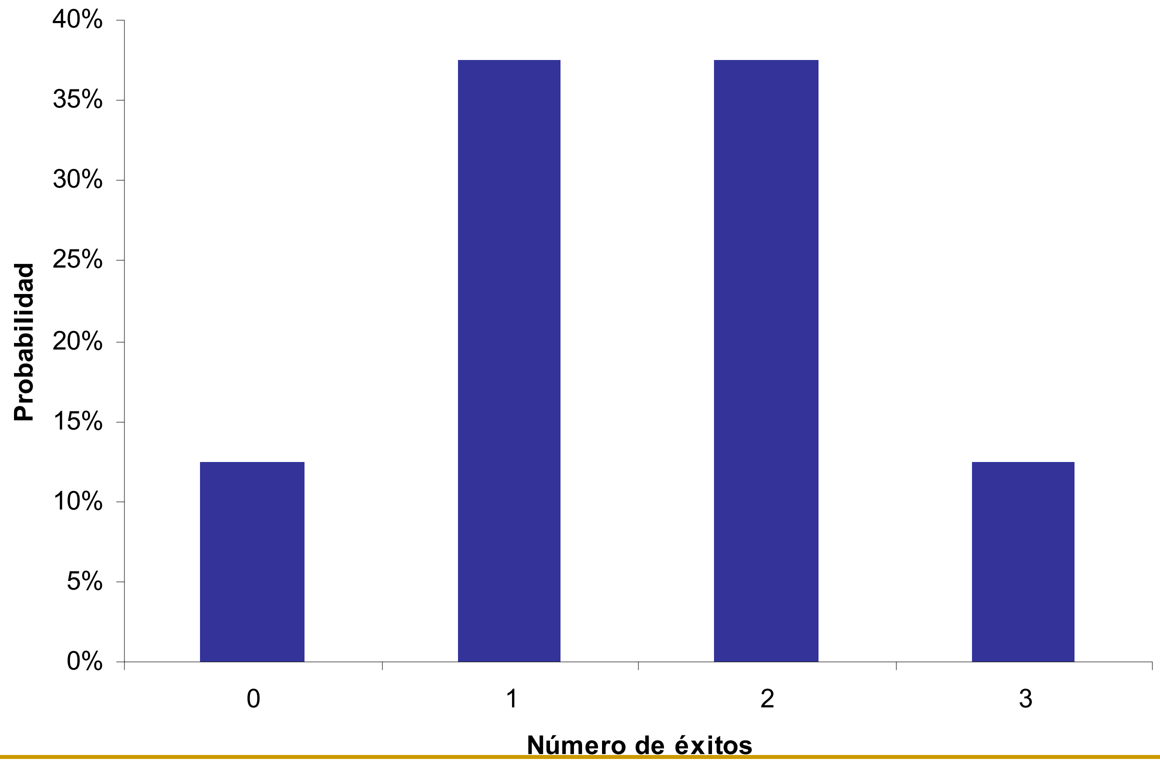
# Ejemplos de fp y fdp

- Binomial con n=2 y p=50%



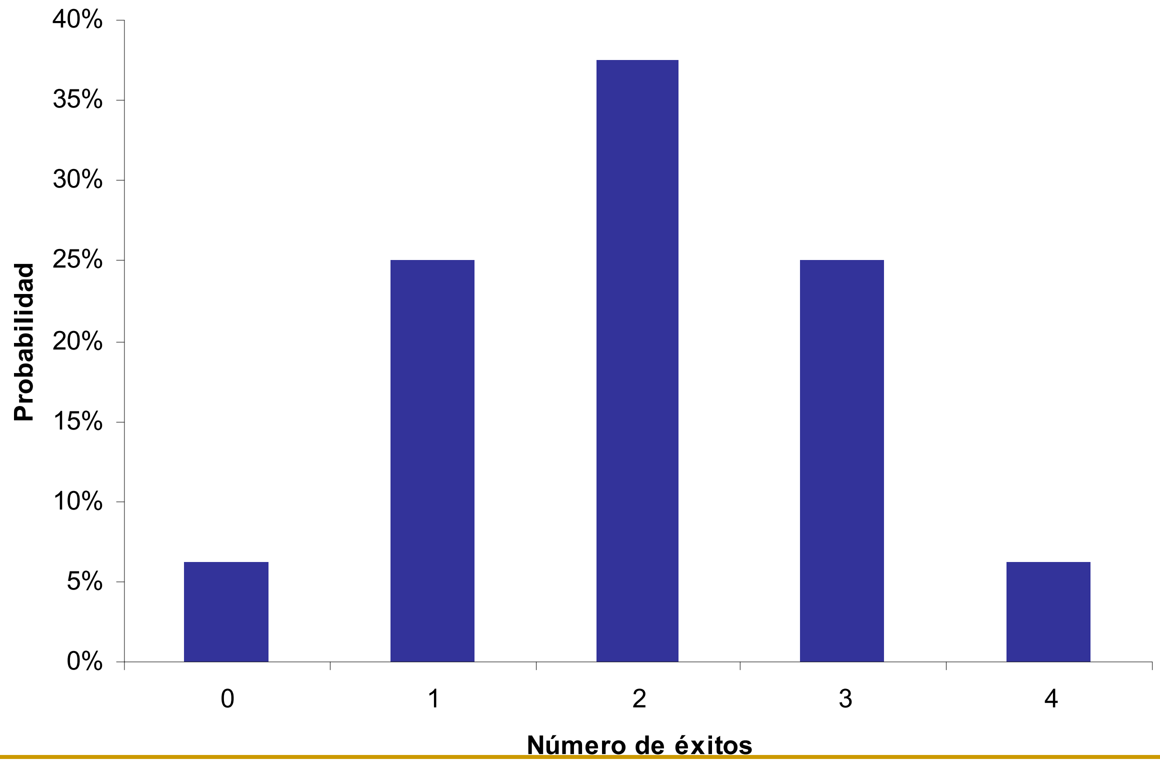
# Ejemplos de fp y fdp

- Binomial con n=3 y p=50%



# Ejemplos de fp y fdp

- Binomial con n=4 y p=50%



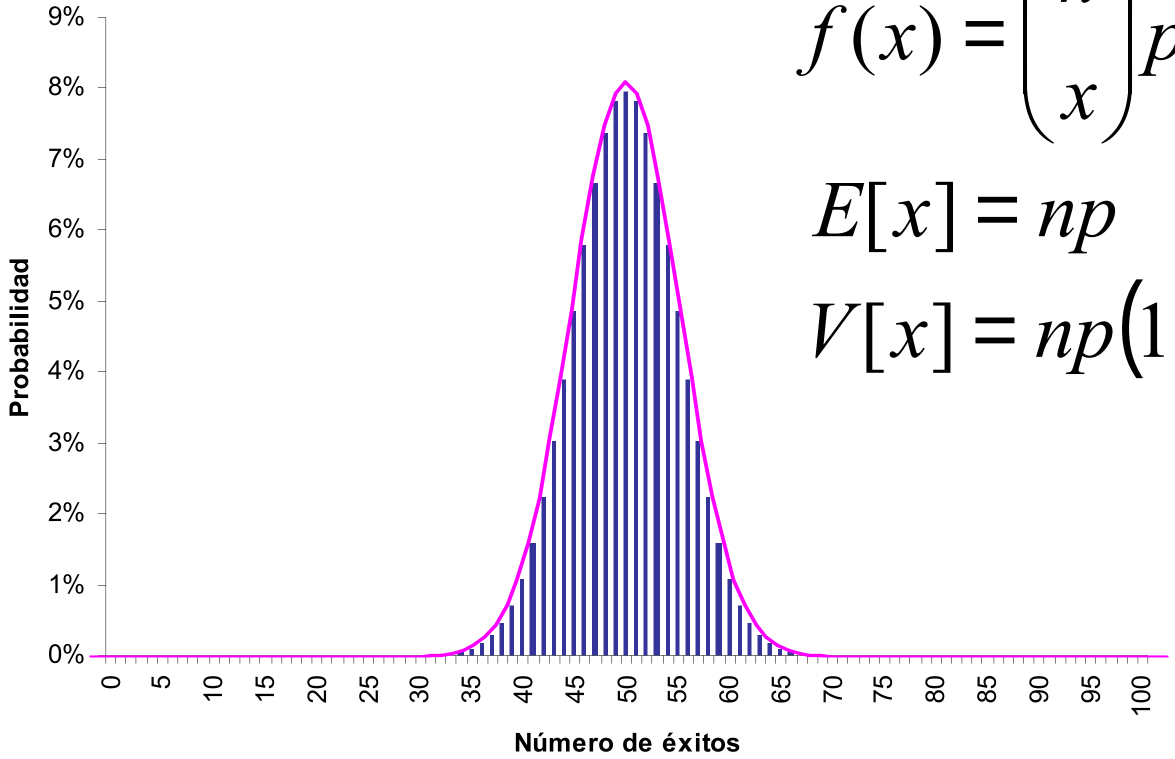

BID

PIAPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

# Ejemplos de fp y fdp

- Binomial con n=100 y p=50%




$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

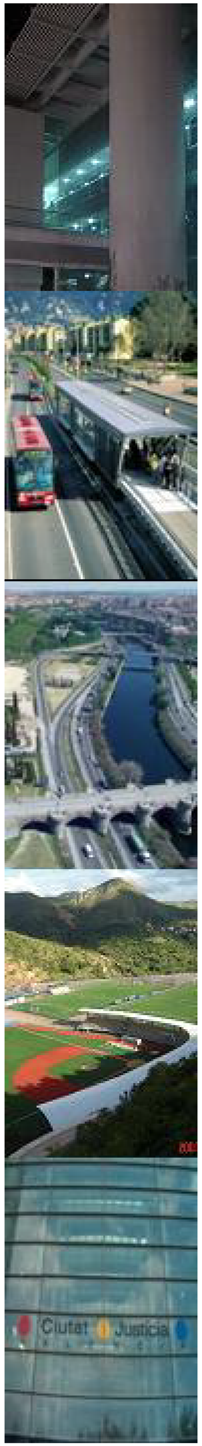
$$E[x] = np$$

$$V[x] = np(1-p)$$

BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN



# Ejemplos de fp y fdp

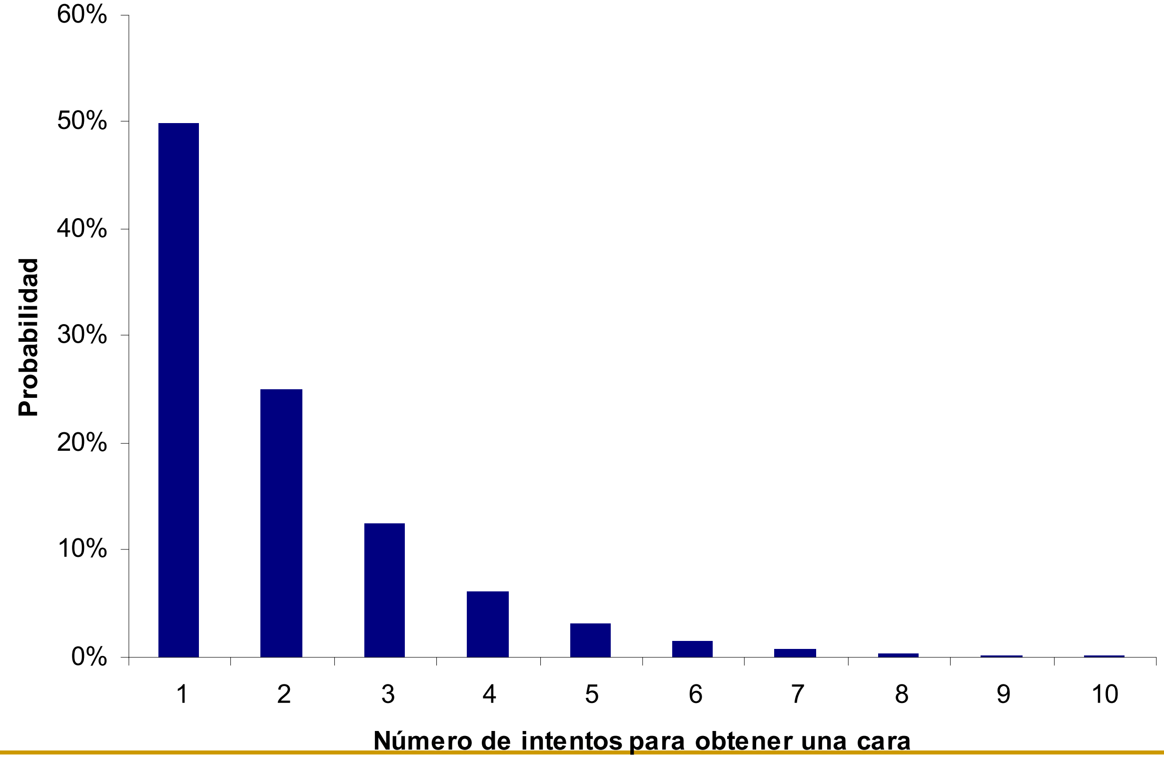
- Geométrica (número de ensayos necesarios para obtener un éxito)

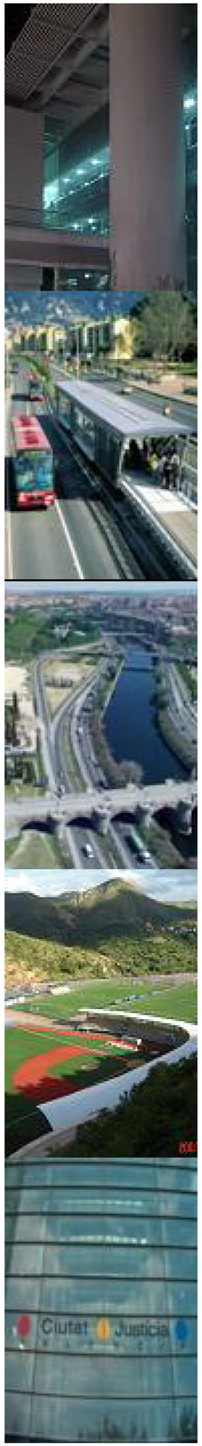
$$f(x) = (1 - p)^{x-1} p$$

  - Ejemplo de la moneda: p=50% → $f(x)=1/2^x$
  - f(1)=50% (C-S)
  - f(2)=25% (CC-CS-SC-SS) sólo SC permite tener éxito con 2 ensayos
  - f(3)=12,5% sólo SSC lleva al éxito con 3 ensayos

# Ejemplos de fp y fdp

- Geométrica con p=50%





# Ejemplos de fp y fdp

- Binomial negativa (Pascal) Número de ensayos necesarios hasta obtener r éxitos

$$f(x)=\binom{x-1}{r-1}(1-p)^{x-r}p^{r}$$

- Ejemplo de la moneda: p=50%, r=2 → $f(x)=(x-1)1/2^{x}$, x≥r
  - f(1)=No definido (con 1 intento no se pueden lograr 2 éxitos)
  - f(2)=25% (CC-CS-SC-SS) sólo CC permite que con dos ensayos se alcance la meta
  - f(3)=25% (CCC-CCS-CSC-CSS-SCC-SCS-SSC-SSS) sólo CSC y SCC permiten que con 3 ensayos se alcance la meta
  - f(4)=18,75% (CCCC-CCCS-CCSC-CCSS-CSCC-CSCS-CSSC-CSSS-SCCC-SCCS-SCSC-SCSS-SSCC-SSCS-SSSC-SSSS)

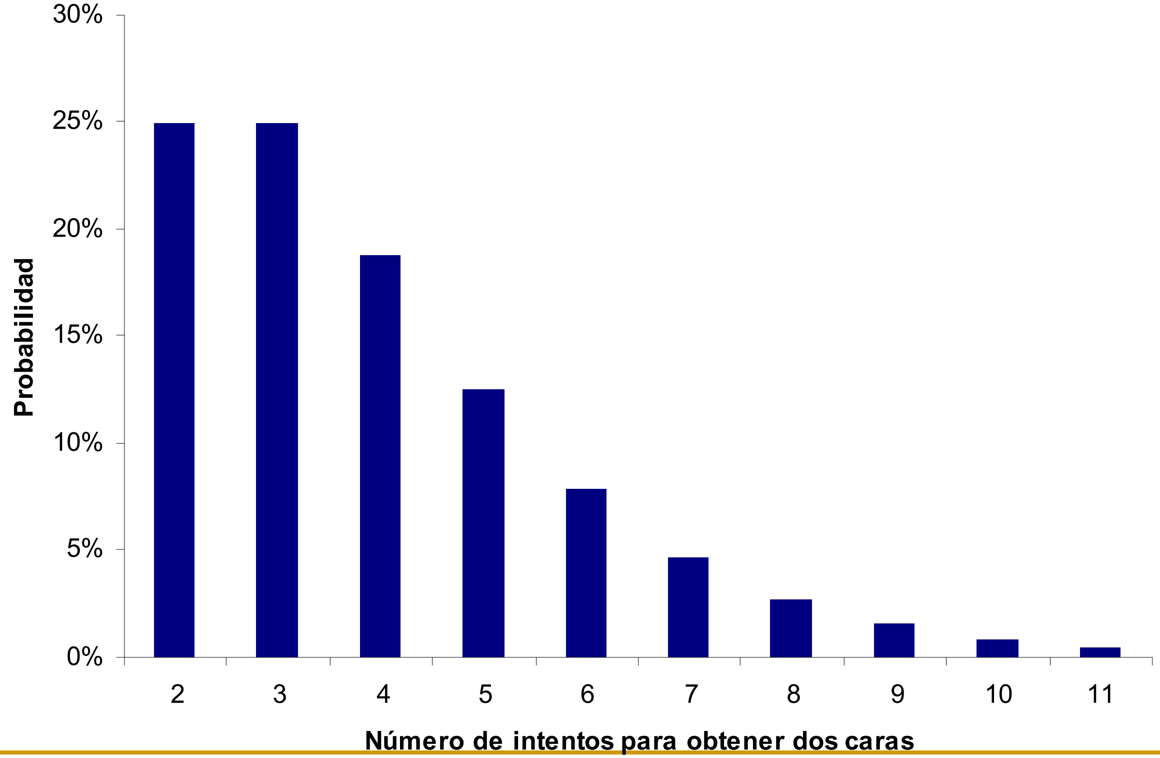
BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

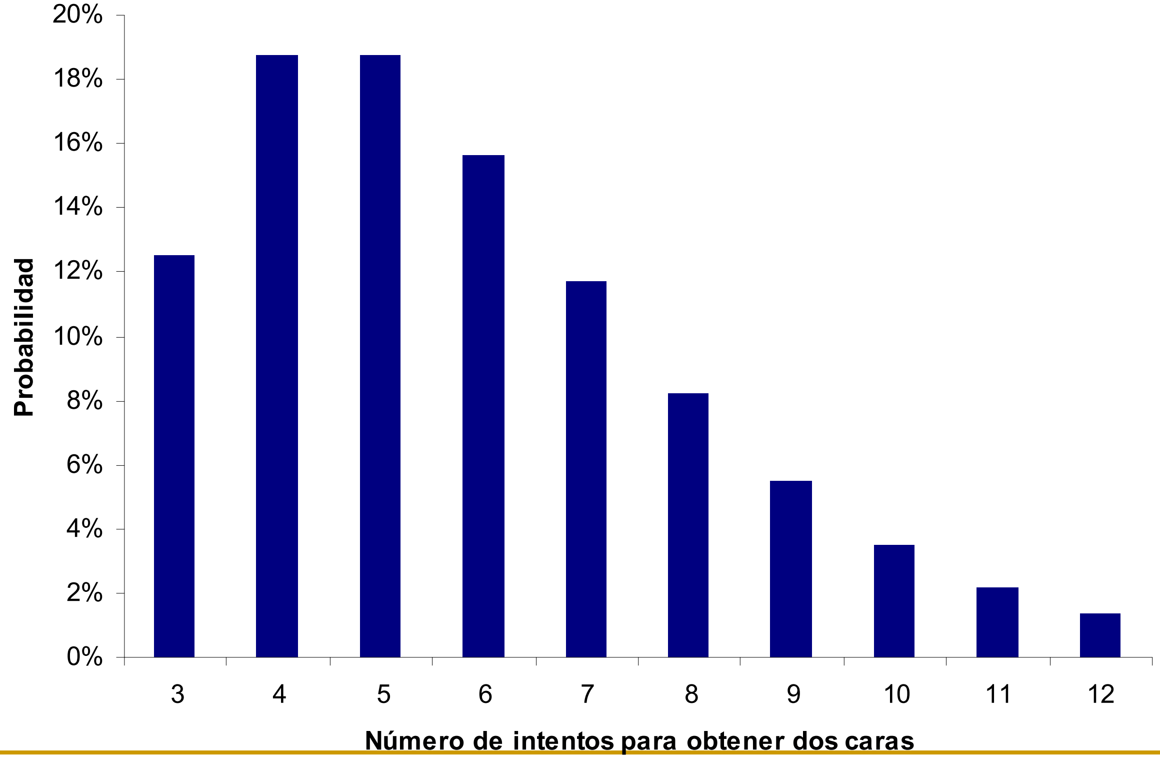
# Ejemplos de fp y fdp

- Binomial negativa (Pascal) con r=2  y p=50%



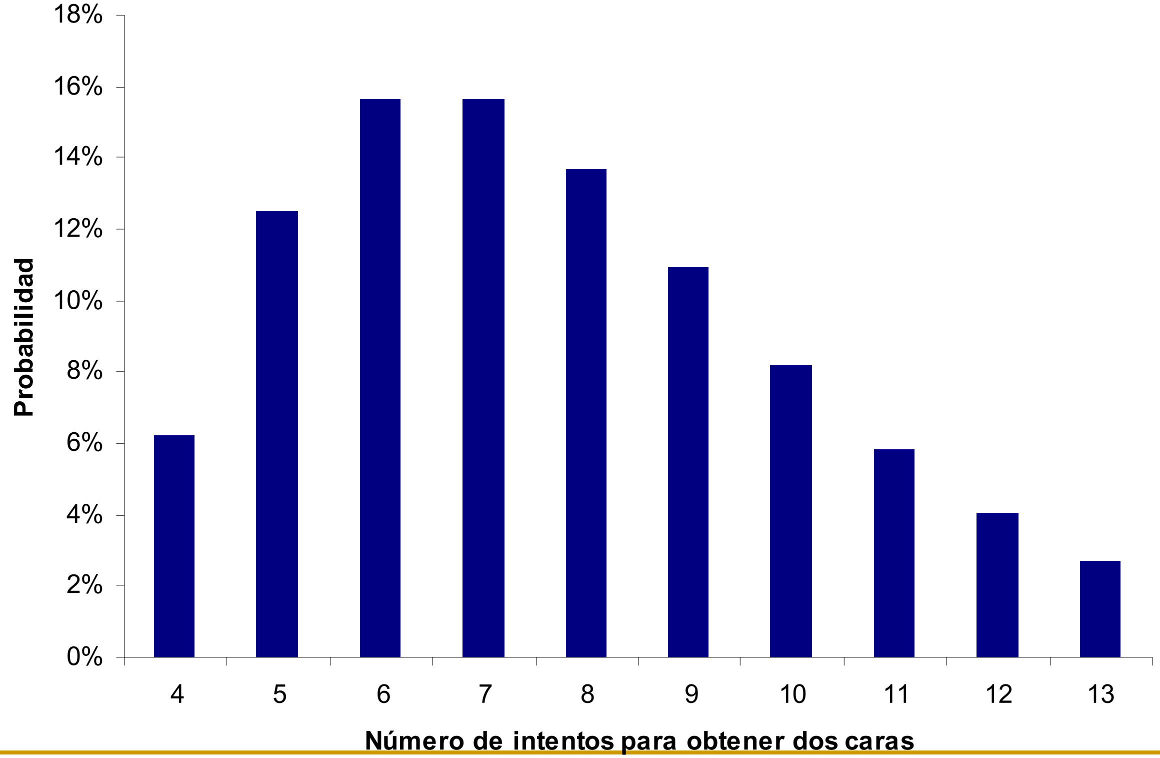
# Ejemplos de fp y fdp

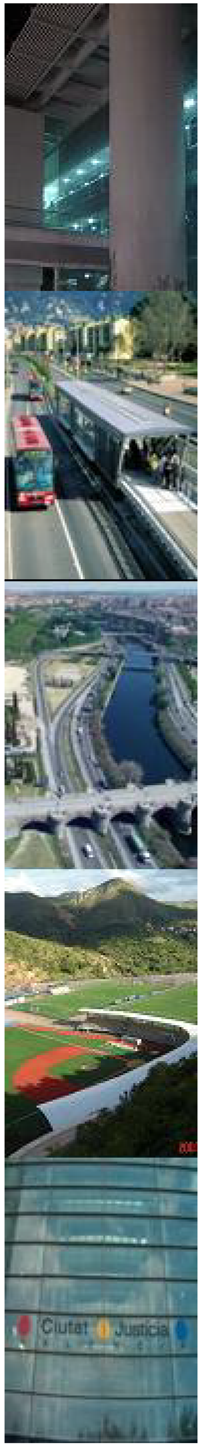
- Binomial negativa (Pascal) con r=3  y p=50%



# Ejemplos de fp y fdp

- Binomial negativa (Pascal) con r=4  y p=50%






# Ejemplos de fp y fdp

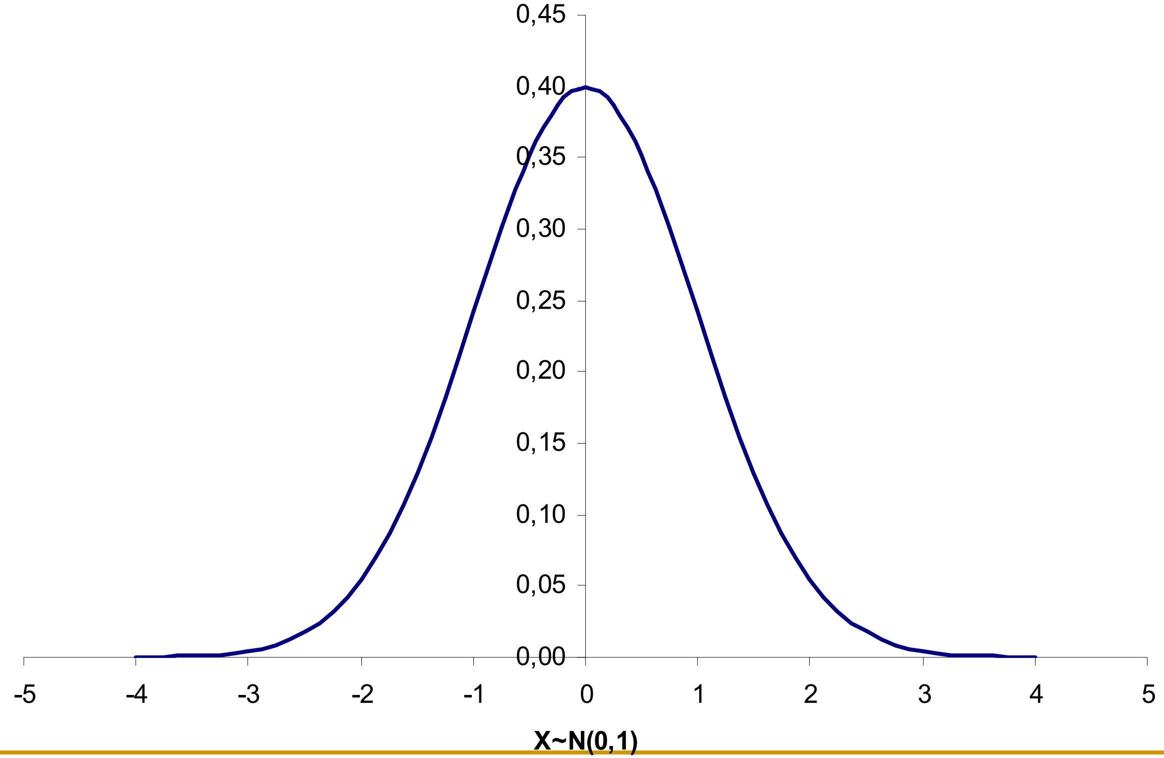
- Normal (μ,σ)

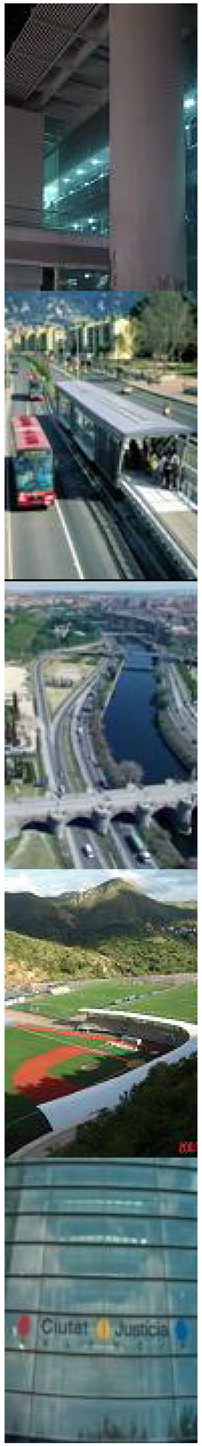
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \qquad f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

- Teorema Central del Límite
  - La **suma** de variables aleatorias tiende a una Normal cuando la cantidad de variables es grande

# Ejemplos de fp y fdp

- Normal (0,1), $z = \dfrac{x - \mu}{\sigma}$





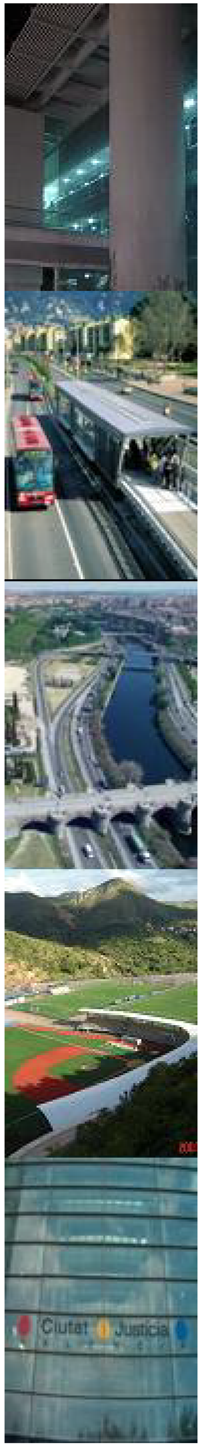

# Función de distribución de probabilidad

- Función de Distribución de Probabilidad es la función que asigna una probabilidad a cada valor que toma la v.a.

$$F(x) = P(X \leq x) = \begin{cases} \displaystyle\int_{-\infty}^{x} f(x)\,dx \\ \displaystyle\sum_{k=-\infty}^{x} f(k) \end{cases}$$

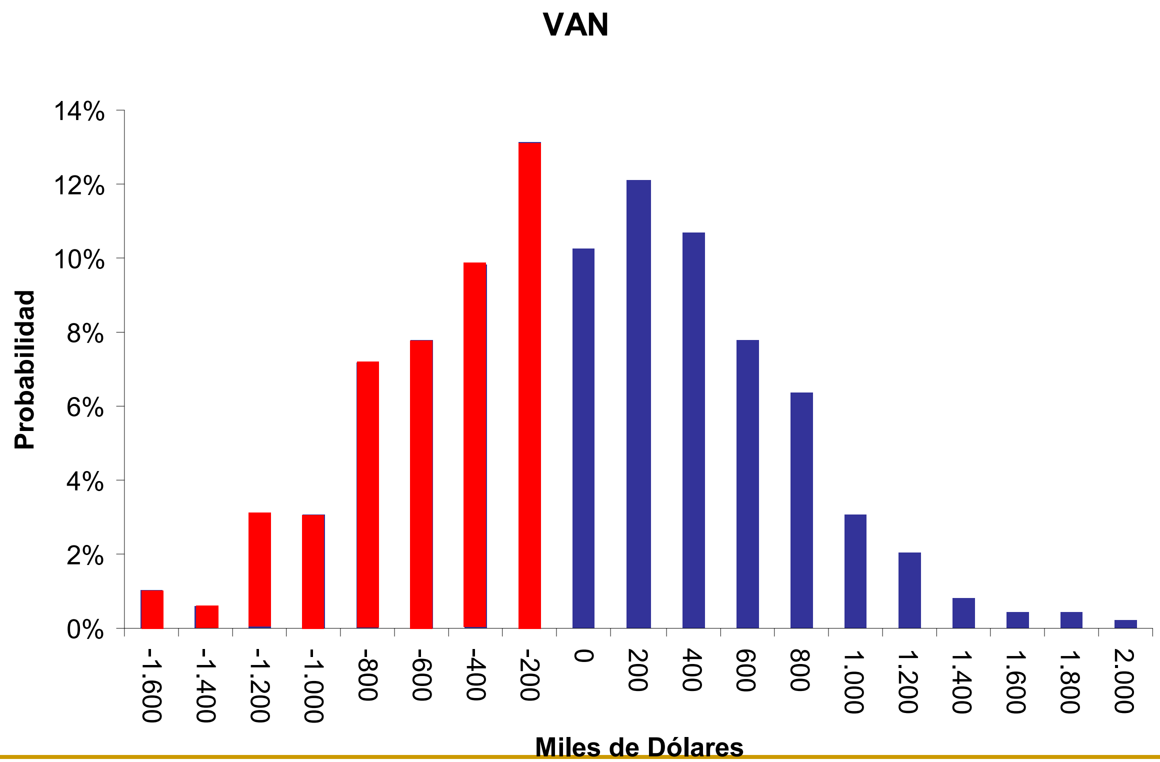
Función de Probabilidad

$$P(a \leq X \leq b) = F(b) - F(a)$$



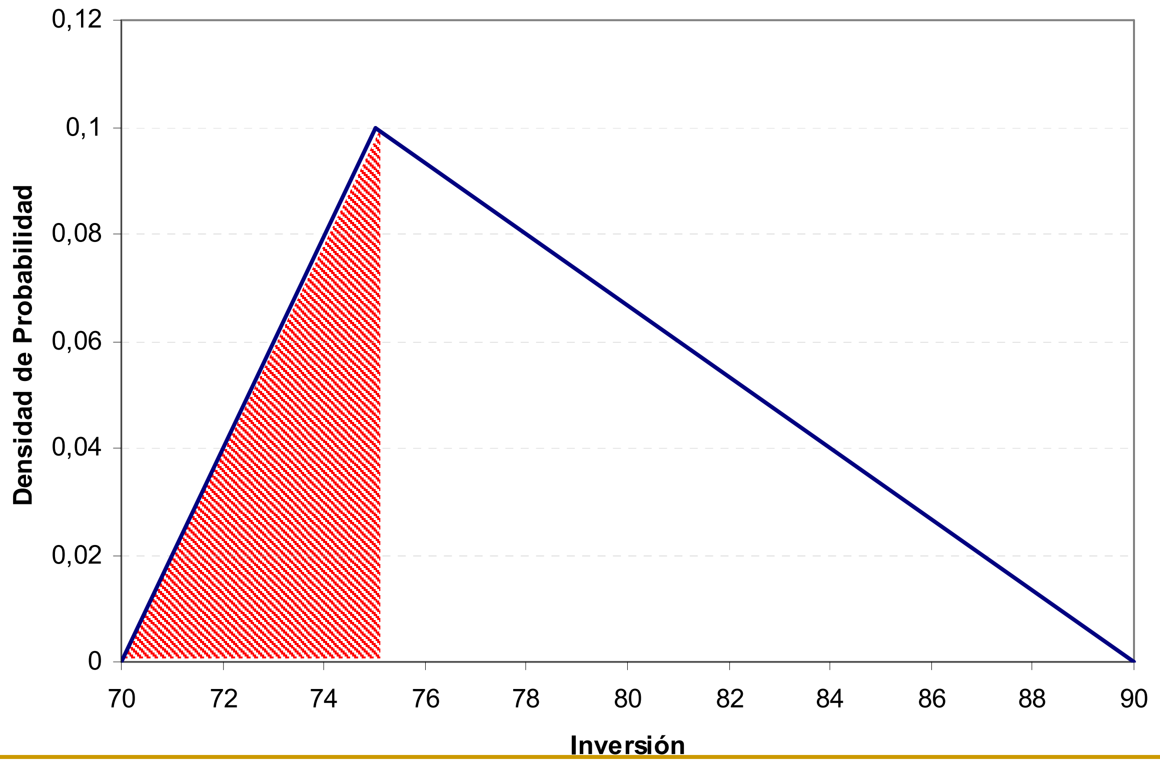
# Función de distribución de probabilidad

- $F(0)=P(x \leq 0)= P(X=-1600) + P(X=-1400)+ P(X=-1200)+ P(X=-1000) + P(X=-800) + P(X=-600) + P(X=-400) + P(X=-200)=50,1\%$



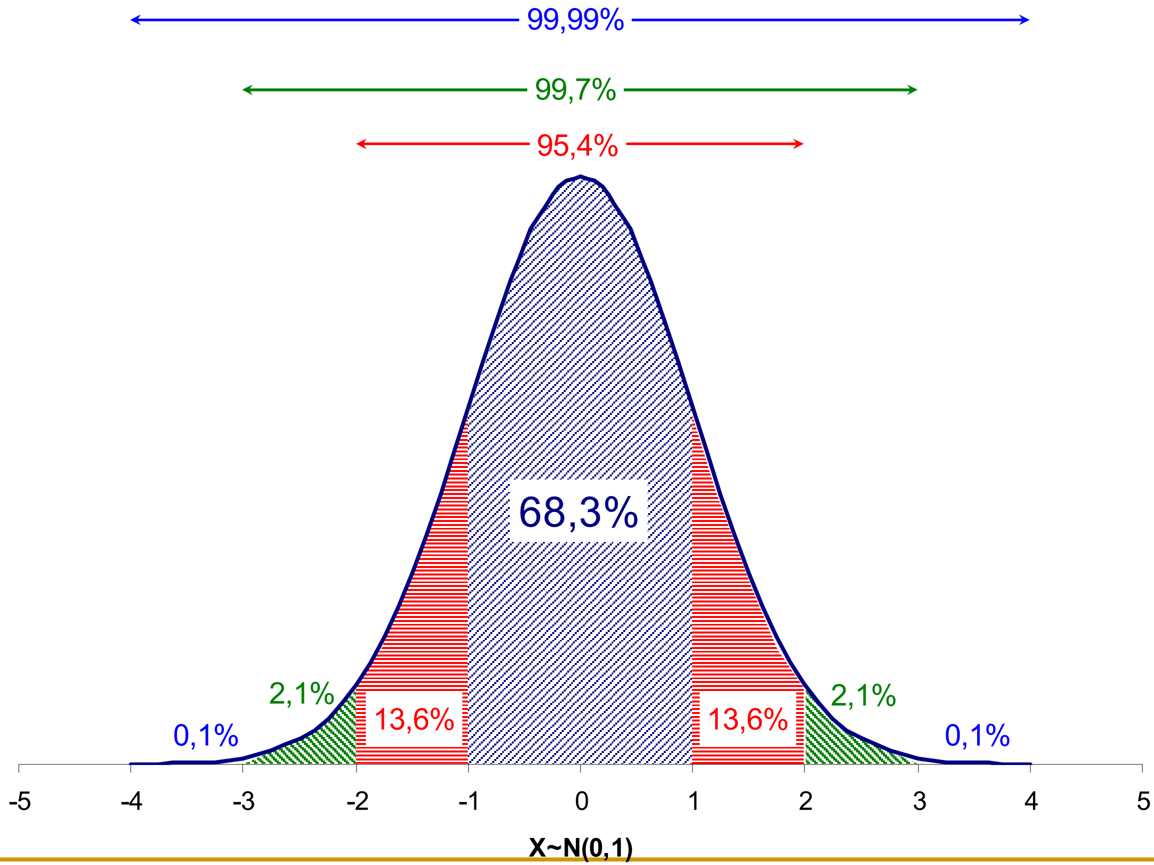
# Función de distribución de probabilidad

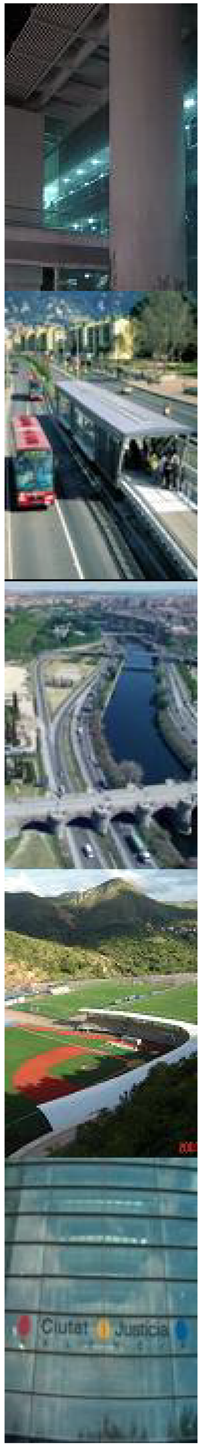
- $X \sim \Delta\,(70,75,90)$, $F(75)=P(x \leq 75)=25\%$



# Ejemplos de fp y fdp

- X~N(0,1), F(-3)=0,13%, F(-2)=2,28%, F(0)=50%





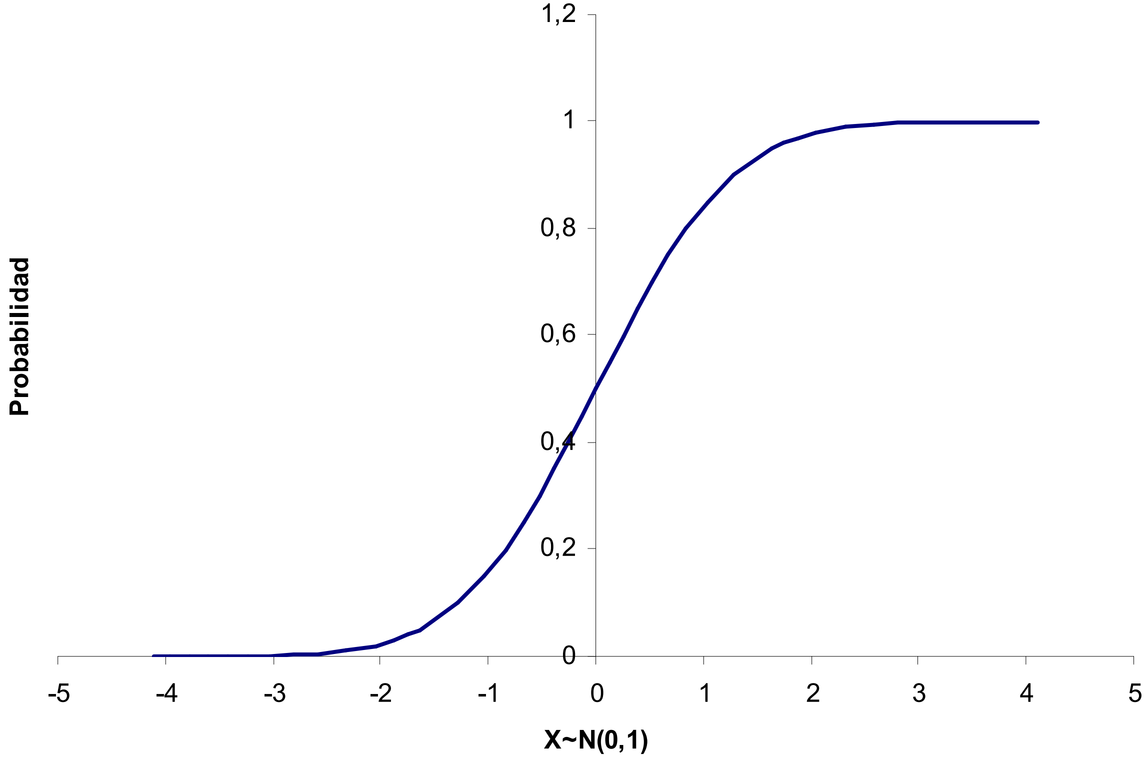

# Función de distribución de probabilidad

- ¿Por qué se busca asimilar el comportamiento de una v.a. a una distribución conocida?
  - Para evitar tener que definir la fdp
  - Para evitar el cálculo de la integral en cada iteración de la simulación

- En las láminas siguientes veremos algunos ejemplos

# Función de distribución de probabilidad

- FDP de una N(0,1)



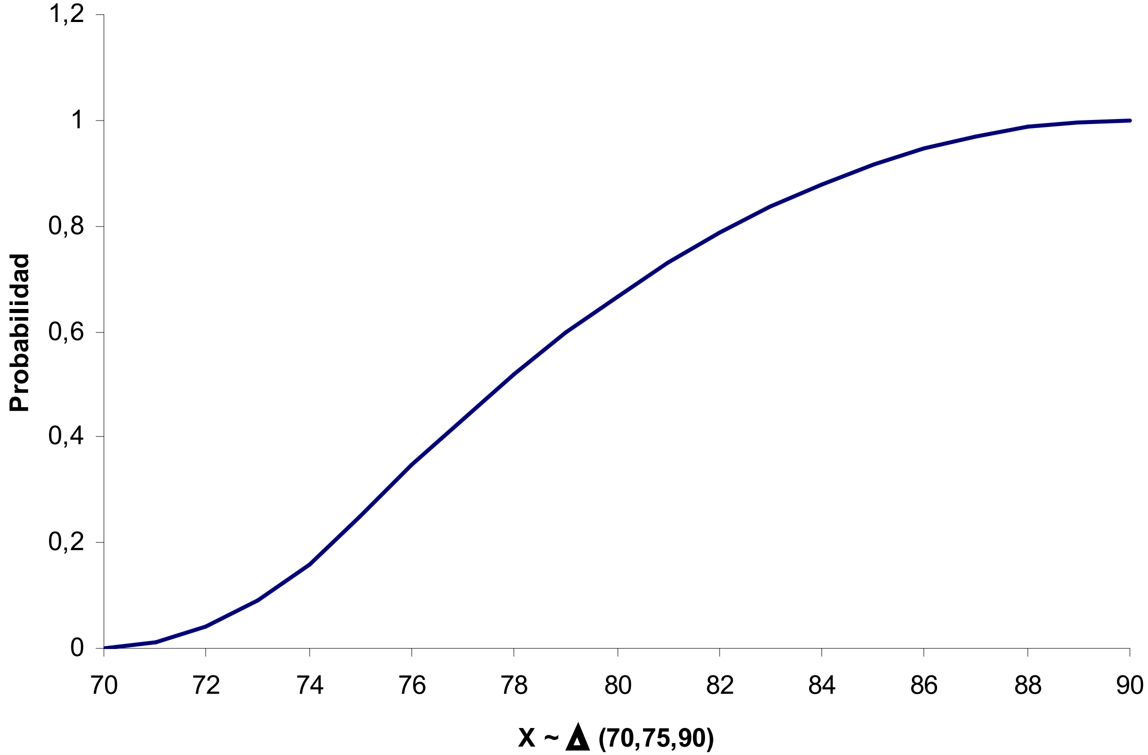

BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

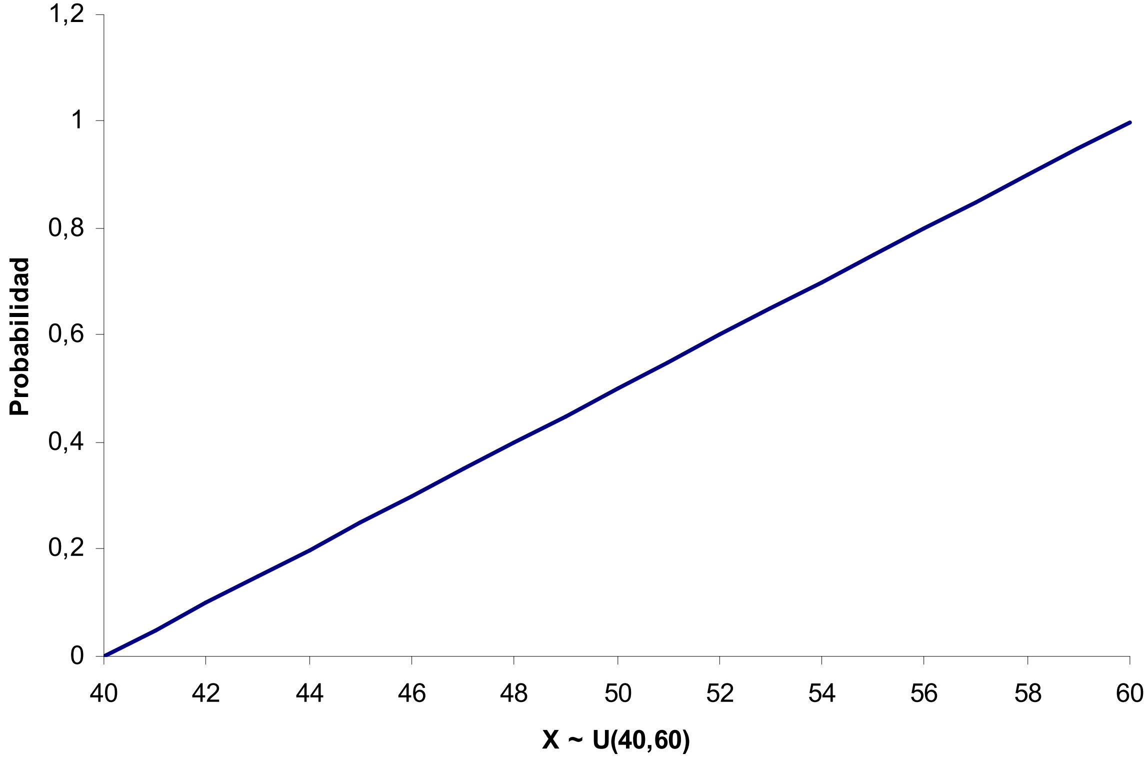
# Función de distribución de probabilidad

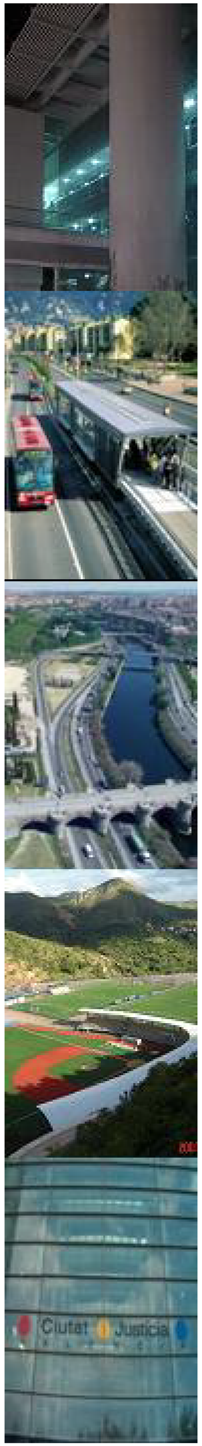
- FDP de una Δ(70,75,90)



# Función de distribución de probabilidad

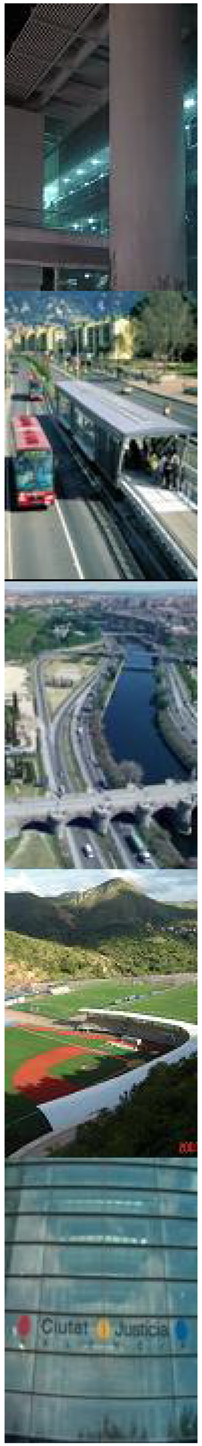
- FDP de una U(40,60)





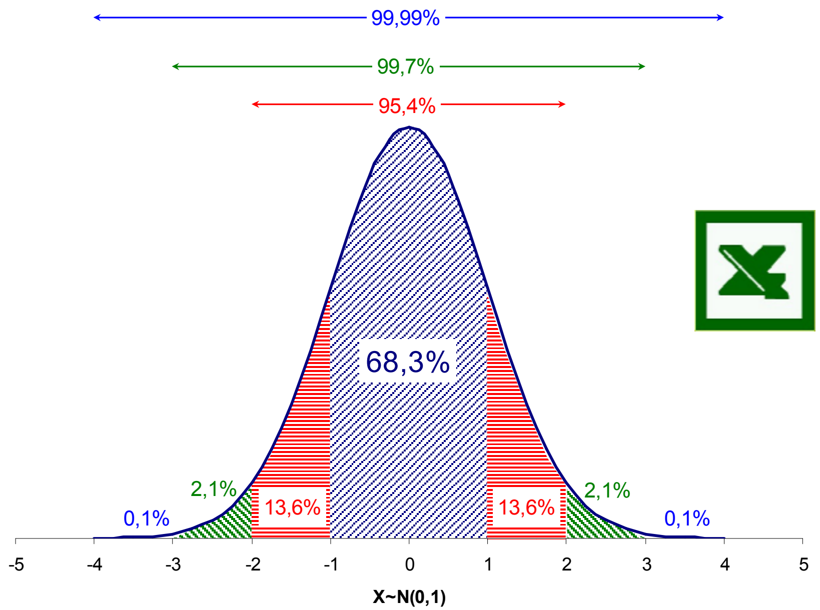
# Percentil

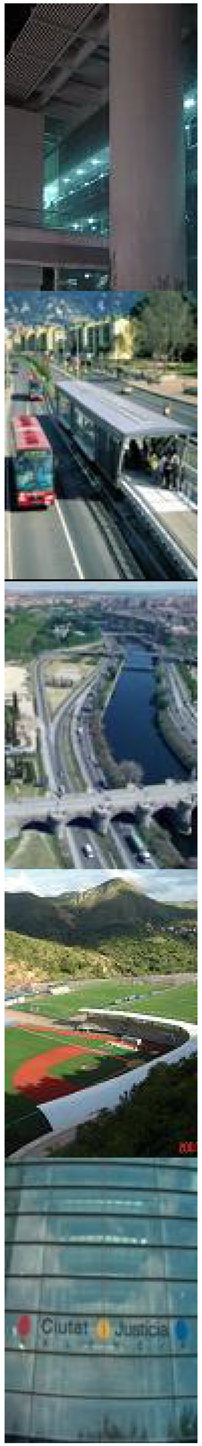
- Def. Posición del histograma o de la curva de distribución que contiene un centésimo de la muestra.
  - El percentil 5 corresponde al valor de X bajo el cual se encuentra el 5% de la muestra
  - El percentil 50 corresponde al valor de X bajo el cual se encuentra el 50% de la muestra
  - El percentil 95 corresponde al valor de X bajo el cual se encuentra el 95% de la muestra



# Percentil

- Cuando se trabaja con funciones continuas, la obtención de los percentiles es directa, a través de $F^{-1}(X)$.
  - Ej: Si $x \sim N(0,1)$:
    - $P_1 = F^{-1}(1\%) = -2{,}33$
    - $P_{16} = F^{-1}(16\%) = -0{,}99$
    - $P_{50} = F^{-1}(50\%) = 0$
    - $P_{84} = F^{-1}(84\%) = 0{,}99$
    - $P_{98} = F^{-1}(98\%) = 2{,}05$
    - $P_{99} = F^{-1}(99\%) = 2{,}33$





# Percentil

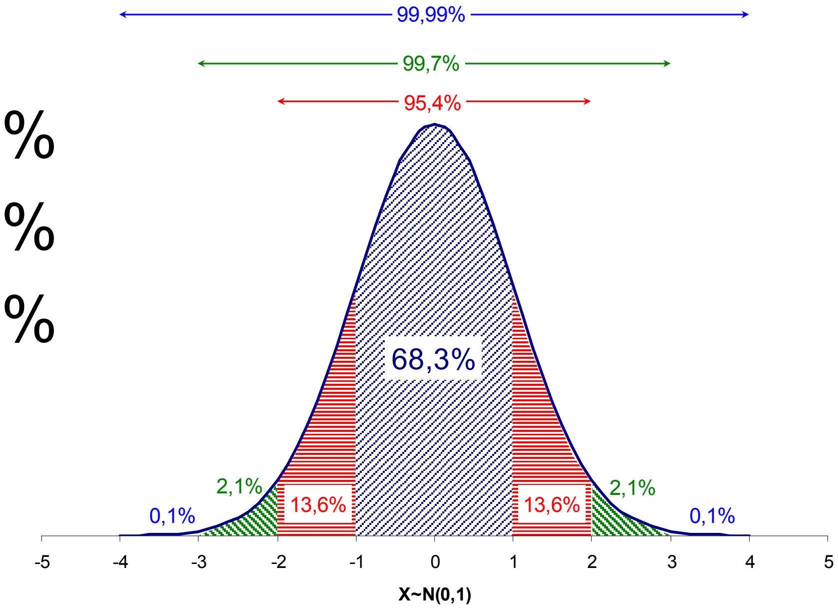
- En el caso del resultado de una simulación, la definición es la misma, pero la obtención del valor es diferente:
  - Se tienen $x_1$, $x_2$, ….., $x_N$ valores simulados y ordenados de menor a mayor:
    - $P(x \leq x_1)=0$
    - $P(x \leq x_2)=1/(N-1)$
    - $P(x \leq x_3)=2/(N-1)$
    - .
    - .
    - .
    - $P(x \leq x_j)=(j-1)/(N-1)$

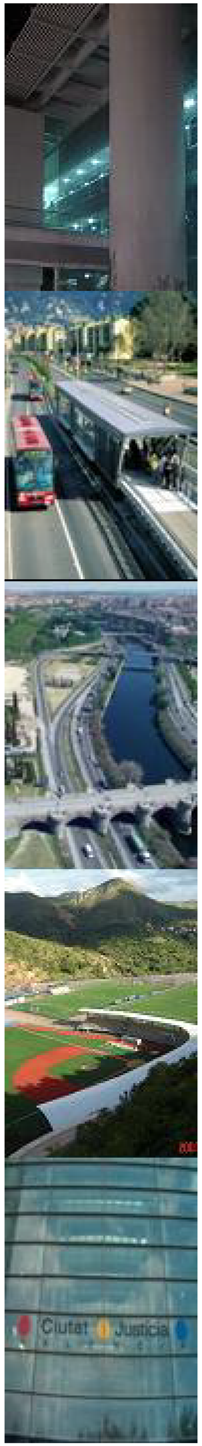
**EMB56** Recordar que en el caso de funciones continuas, la probabilidad de un punto es igual a cero, por lo tanto, $P(x \leq a)$ es igual a $P(x < a)$

enrique.moraga, 7/17/2009

# Intervalo de Confianza

- Es un rango de valores que tiene asociada una cierta probabilidad de ocurrencia.
  - Para el caso de x~N(0,1):
    - P(x = a) = 0
    - P(-1 ≤ x ≤ 1) = 68,3%
    - P(-2 ≤ x ≤ 2) = 95,4%
    - P(-3 ≤ x ≤ 3) = 99,7%





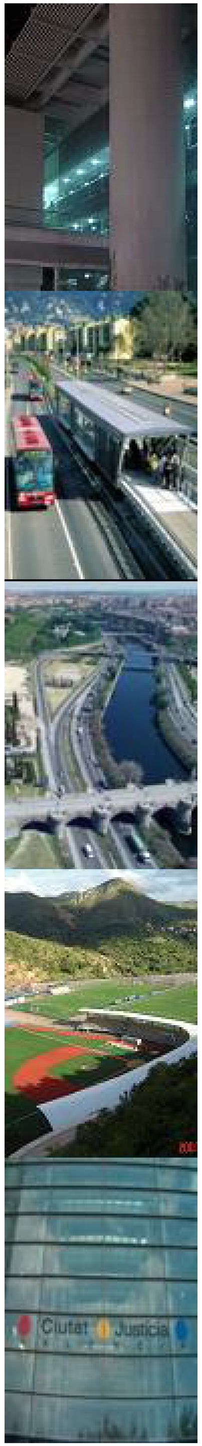
# Temario

- ¿Por qué se utiliza?
- ¿Cuándo se realiza?
- ¿Cómo se hace?
  - Paréntesis Conceptual
  - Selección de v.a.
  - Supuestos de modelación
  - Iteraciones
  - Criterio de convergencia
  - Histogramas de los resultados
  - Análisis

BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

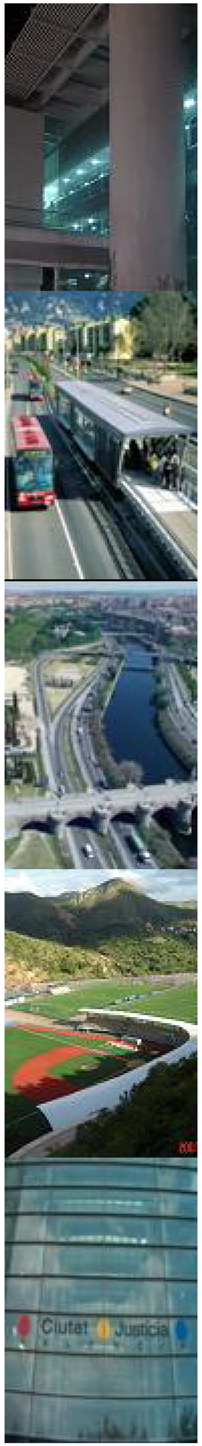
MIF FOMIN



# Selección de v.a.

- Se seleccionan aquellas variables del modelo económico que tendrán un comportamiento aleatorio.

- Se escoge para cada una de éstas, un histograma o una función de densidad de probabilidad
  - El histograma puede ser teórico, histórico o bien generarlo a través de un taller de riesgo.



# Temario

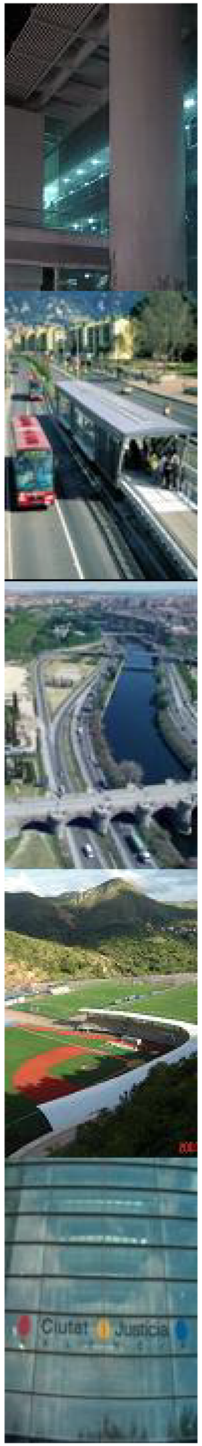
- ¿Por qué se utiliza?
- ¿Cuándo se realiza?
- ¿Cómo se hace?
  - Paréntesis Conceptual
  - Selección de v.a.
  - Supuestos de modelación
  - Iteraciones
  - Criterio de convergencia
  - Histogramas de los resultados
  - Análisis

BID

PIAPPEM

Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

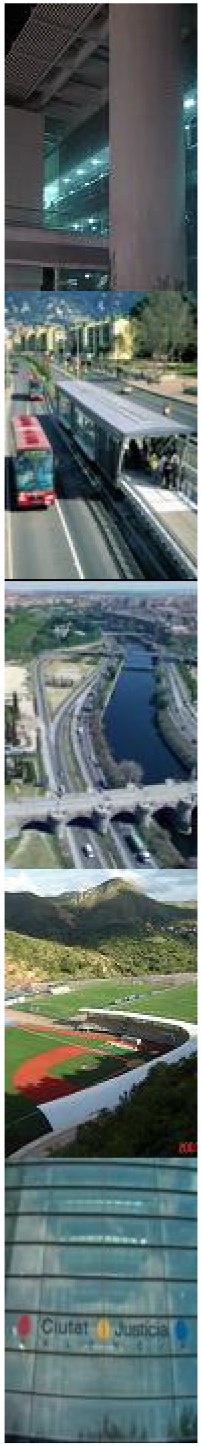


# Supuestos de modelación

- Se controla que la elección de las fdp no originen situaciones irreales (ej: demanda negativa)
  - Se debe ser cuidadoso en la forma de controlar dichos eventos porque se pueden alterar otros aspectos de la evaluación (ej: sobre activación de garantías si se asume FV=max(FV;0)
- ¿Hay dependencia o independencia temporal?
  - Se debe verificar que la variable aleatoria se comporte según lo previsto (promedio y varianza parecidos a lo observado)
  - Lo que ocurrió en los períodos anteriores, ¿tiene efecto en la probabilidad de ocurrencia actual?

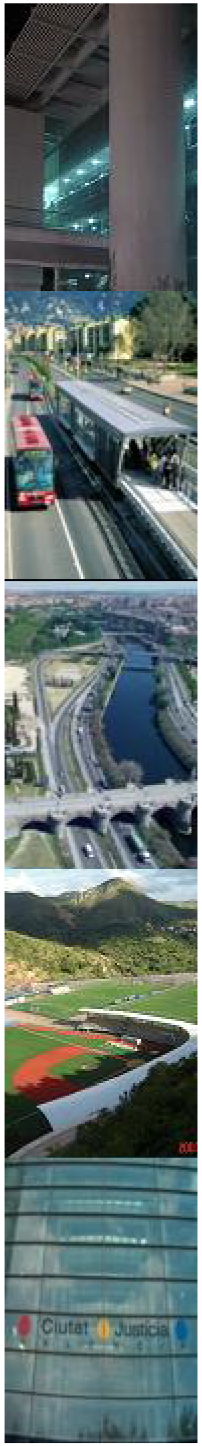
$$\mu_t = \mu + \lambda \times (\mu - \mu_{t-1})$$

- ¿Los valores extremos son parte de la distribución o son fenómenos aislados? Cuidado con la estimación de la media y varianza




# Temario

- ¿Por qué se utiliza?
- ¿Cuándo se realiza?
- ¿Cómo se hace?
  - Paréntesis Conceptual
  - Selección de v.a.
  - Supuestos de modelación
  - Iteraciones
  - Criterio de convergencia
  - Histogramas de los resultados
  - Análisis



# Iteraciones

- Una iteración consiste en la evaluación tradicional de uno de los posibles escenarios que pueden ocurrir.
- Por lo tanto, lo primero es seleccionar al azar un valor para cada una de las v.a. definidas.
  - ¿Cómo se determina el valor de cada v.a.?

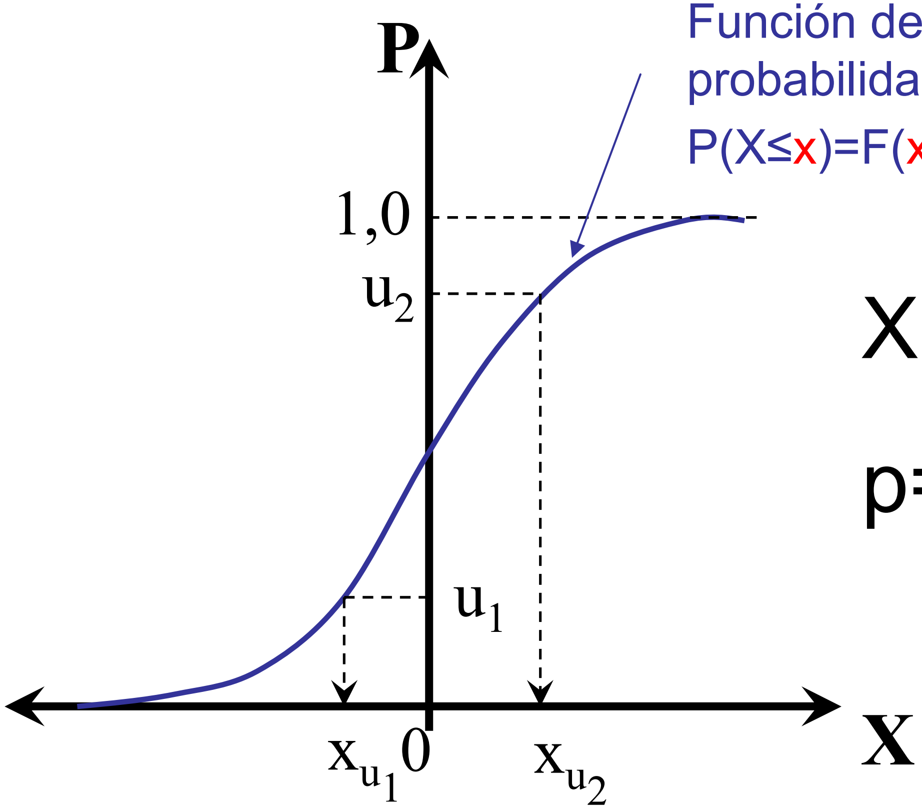
BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

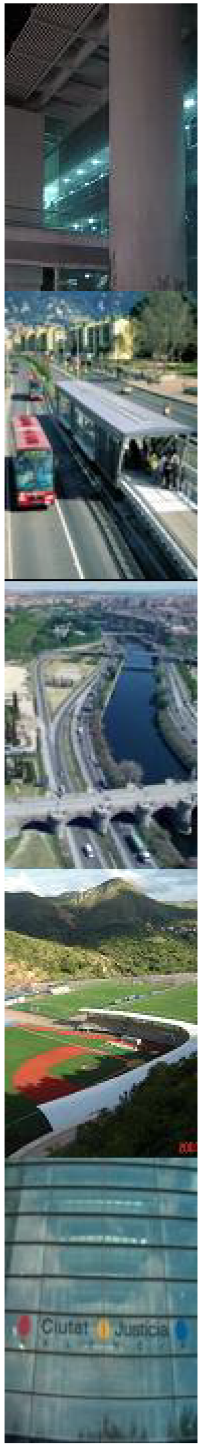
# Iteraciones

- Determinación del valor de una v.a.




$X=F^{-1}(p)$

p=aleatorio()




# Iteraciones

- Ejemplo:
  - Crec. PIB ~ N(6%,2%) y $\eta$=1,035
  - Inv ~ Δ (70,75,90)
  - Se genera la probabilidad del crec. del PIB ej. 0,4872187
  - Se obtiene el crecimiento del PIB
    - Crec. PIB = DISTR.NORM.INV(0,48722187;6%;2%)=5,94%
  - Se obtiene el crecimiento del flujo vehicular
    - Crec. Flujo Vehicular = 1,035 x 5,94% = 6,14%
  - Se repite lo anterior para cada uno de los años del horizonte del proyecto → se obtiene la trayectoria de la demanda
  - Se genera la probabilidad de la inversión

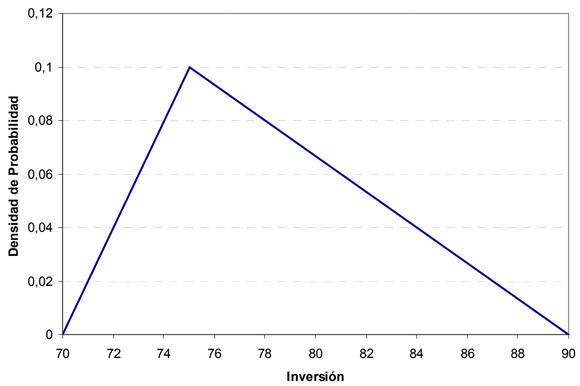
BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

# Iteraciones

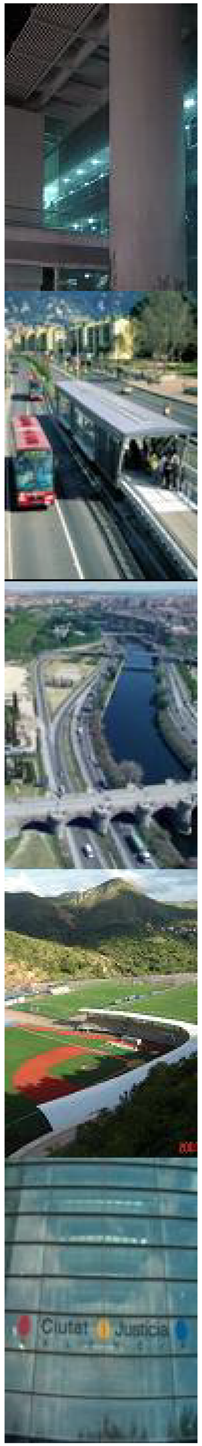
- Ejemplo (cont):
  - Se genera la probabilidad de la inversión. Por ejemplo 0,6235263
  - Se debe obtener la inversión correspondiente
  - Excel no tiene la FDP Δ → Cálculo manual



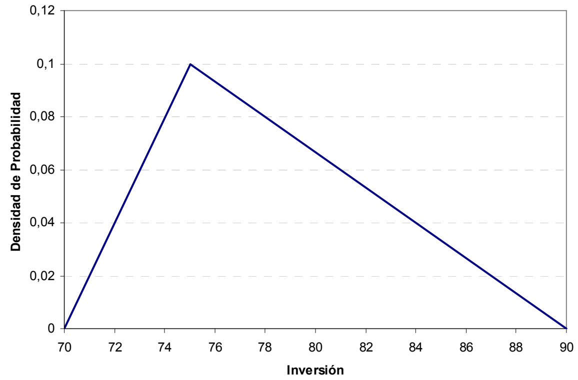

Hay 2 zonas: x ≤ 75 y x > 75

Se debe determinar en qué probabilidad se produce el cambio

$$p = \int_{70}^{75} f(x)dx = \frac{1}{2} \times 5 \times 0{,}1 = 0{,}25$$



# Iteraciones



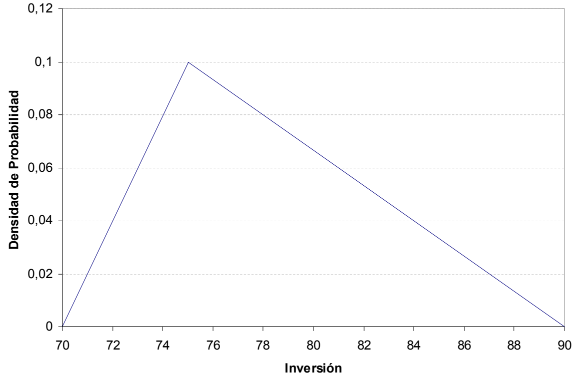

- Ejemplo (cont):
  - Si p≤0,25

$$F(x) = \int_{70}^{x} f(x)dx = \int_{70}^{x} \frac{x-70}{50}dx = \frac{1}{50}\left[\frac{x^2}{2} - 70x\right]_{70}^{x}$$

  - Si p>0,25

$$F(x) = \int_{70}^{75} f(x)dx + \int_{75}^{X} f(x)dx = 0,25 + \int_{75}^{X} \frac{90-x}{150}dx = 0,25 + \frac{1}{150}\left[90x - \frac{x^2}{2}\right]_{75}^{x}$$

# Iteraciones



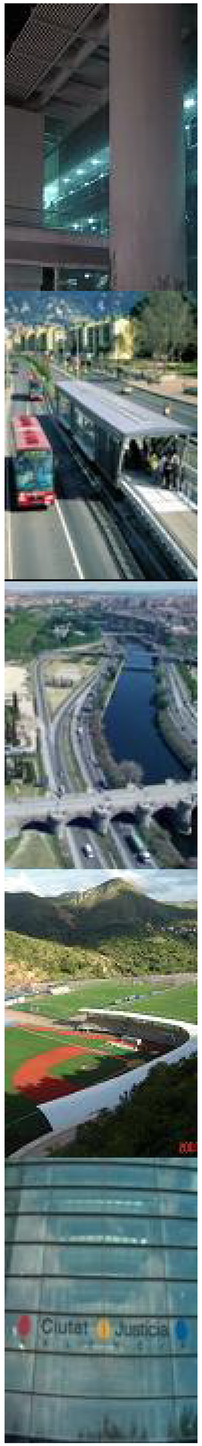

- Ejemplo (cont):
  - Si p≤0,25

$$F(x) = p = \frac{1}{50}\left[\frac{x^2}{2} - 70x\right]_{70}^{x}$$

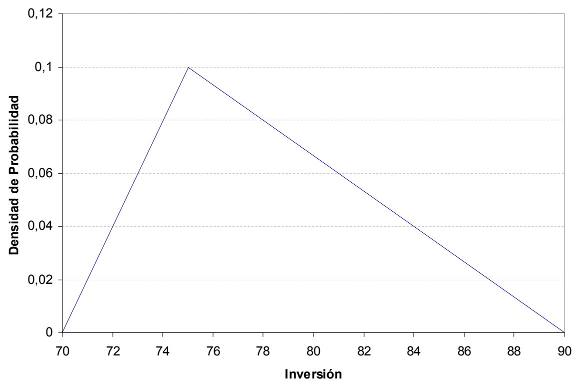
$$p = \frac{1}{50}\left(\frac{x^2}{2} - 70x - \frac{70^2}{2} + 70 \times 70\right)$$

$$x^2 - 140x + 4900 - 100p = 0$$

$$x = 70 + 10\sqrt{p}$$



# Iteraciones




- Ejemplo (cont):
  - Si p>0,25

$$F(x) = p = 0{,}25 + \frac{1}{150}\left[90x - \frac{x^2}{2}\right]_{75}^{x}$$

$$p = 0{,}25 + \frac{1}{150}\left(90x - \frac{x^2}{2} - 90 \times 75 + \frac{75^2}{2}\right)$$

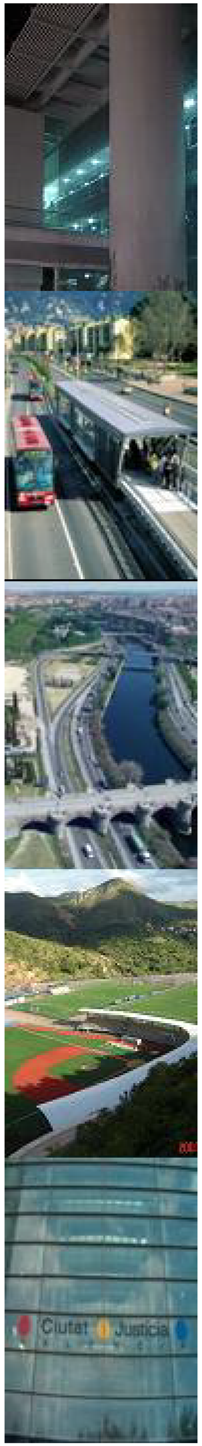
$$x^2 - 180x + 7800 + 300p = 0$$

$$x = 90 - 10\sqrt{3(1-p)}$$

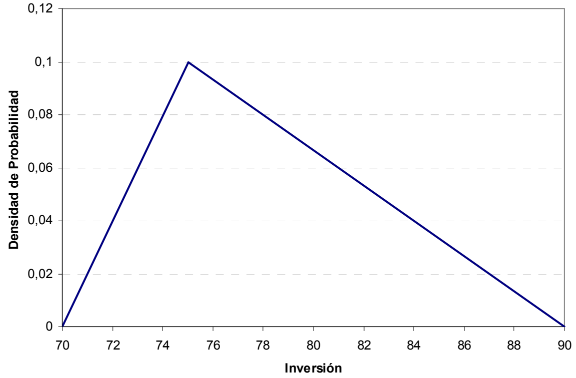
BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN



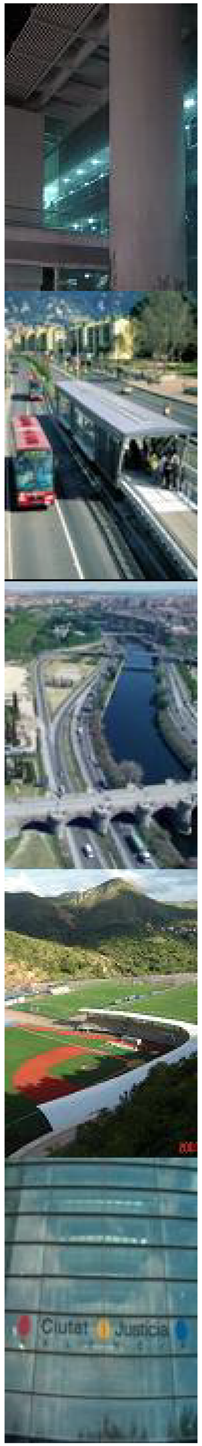
# Iteraciones




- Ejemplo (cont):
  - La FDP inversa de Δ (70,75,90) es

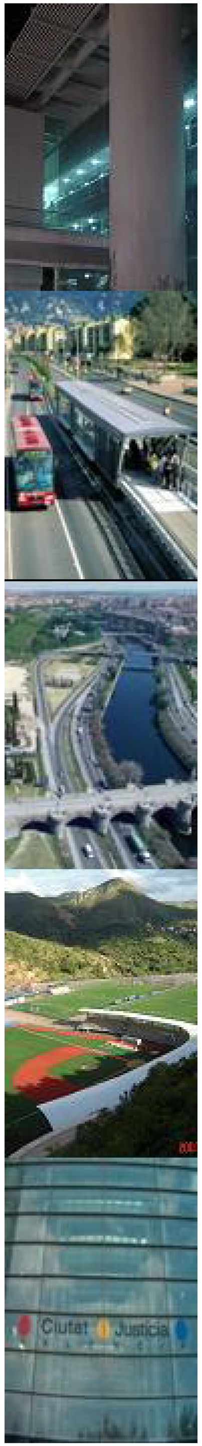
$$x = F^{-1}(p) = \begin{cases} 70 + 10\sqrt{p} & \text{si p} \leq 0{,}25 \\ 90 - 10\sqrt{3(1-p)} & \text{si p} > 0{,}25 \end{cases}$$

  - Para el caso del ejemplo: p = 0,6235263
  - Por lo tanto, la inversión es 79,37



# Iteraciones

- Ejemplo (cont):
  - En esta primera iteración se ha obtenido una trayectoria para el flujo vehicular más una inversión.
  - Con estos datos se evalúa el proyecto y se obtiene la información de interés
    - VAN
    - TIR
    - DSCR mínimo y promedio
    - Activación de las garantías
    - Estado de las cuentas de reserva
  - Notar que sólo se obtiene un valor para cada una de las variables de interés
  - Se repite todo este procedimiento, cientos o miles de veces
  - ¿Hasta cuándo?



# Temario

- ¿Por qué se utiliza?
- ¿Cuándo se realiza?
- ¿Cómo se hace?
  - Paréntesis Conceptual
  - Selección de v.a.
  - Supuestos de modelación
  - Iteraciones
  - Criterio de convergencia
  - Histogramas de los resultados
  - Análisis

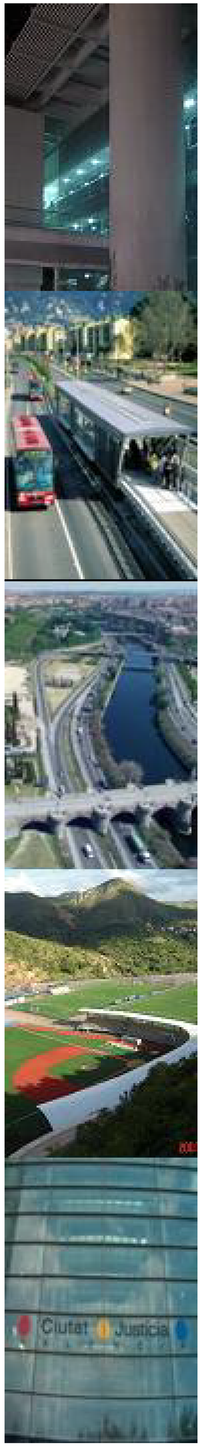
BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

# Criterio de Convergencia

- Es la condición o grupo de condiciones que determina el término de las iteraciones.
  - Variación del promedio y la desviación estándar de los indicadores principales < $\varepsilon$
  - Variación de otros indicadores de interés < $\varepsilon'$
  - Superación del máximo de iteraciones

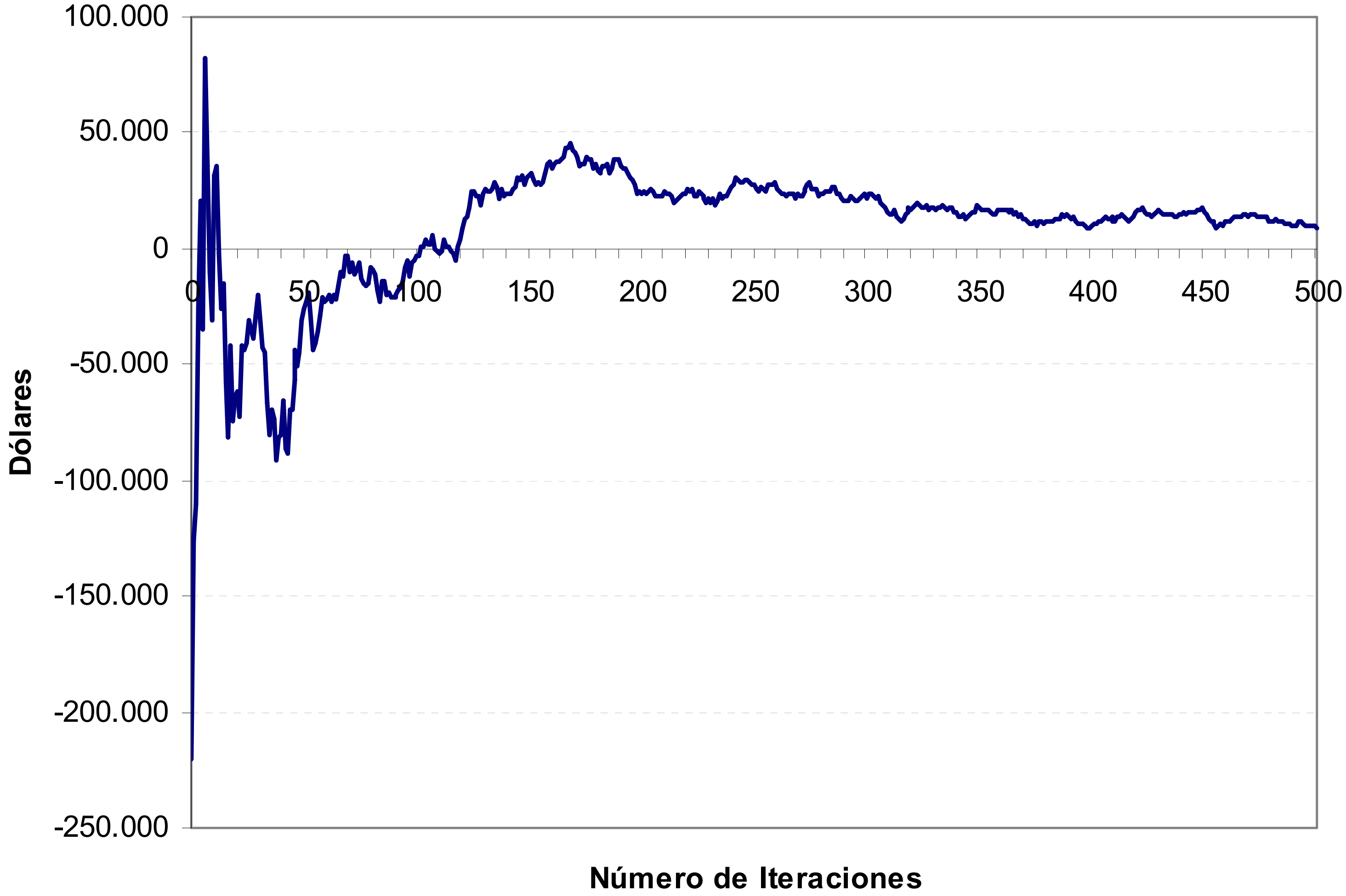


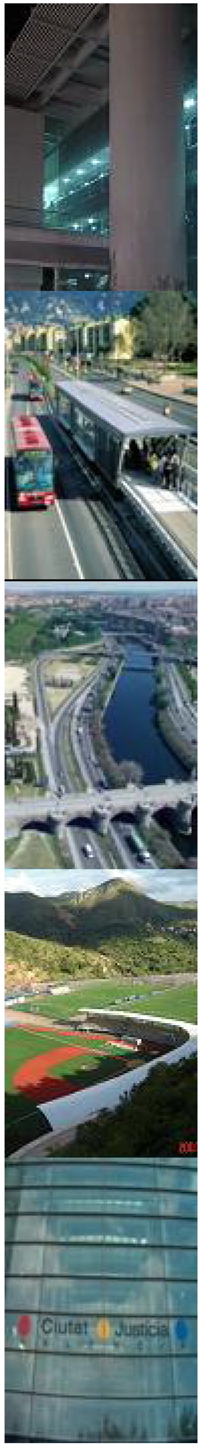
BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

MIF FOMIN

# Criterio de Convergencia



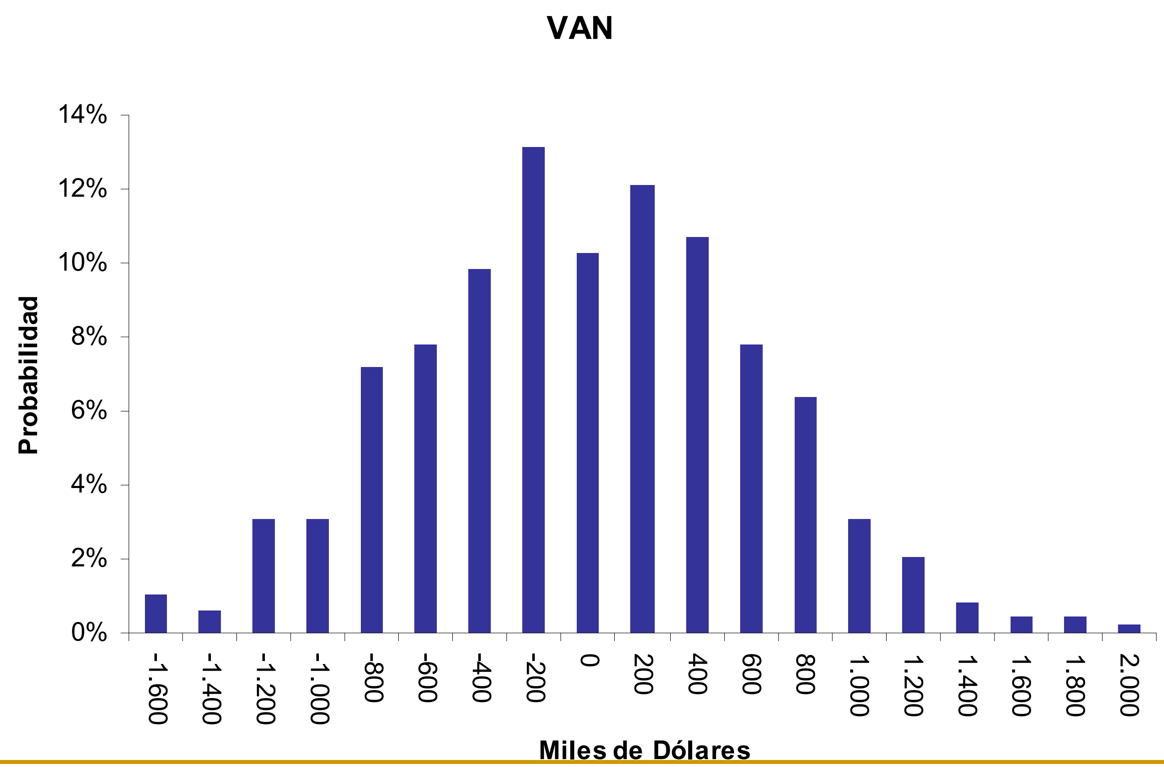


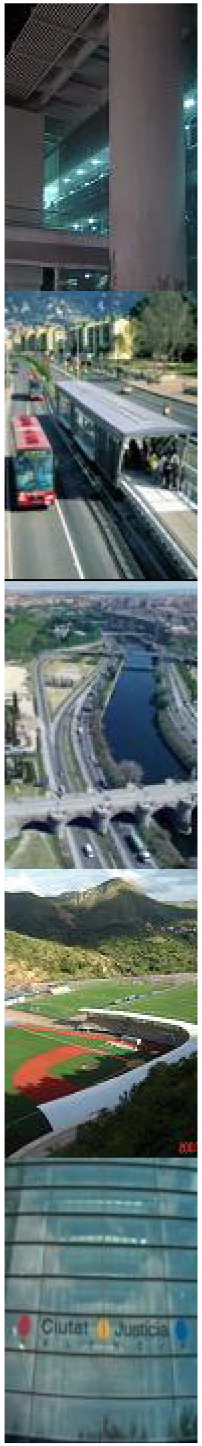

# Temario

- ¿Por qué se utiliza?
- ¿Cuándo se realiza?
- ¿Cómo se hace?
  - Paréntesis Conceptual
  - Selección de v.a.
  - Supuestos de modelación
  - Iteraciones
  - Criterio de convergencia
  - Histogramas de los resultados
  - Análisis

# Histogramas de los Resultados

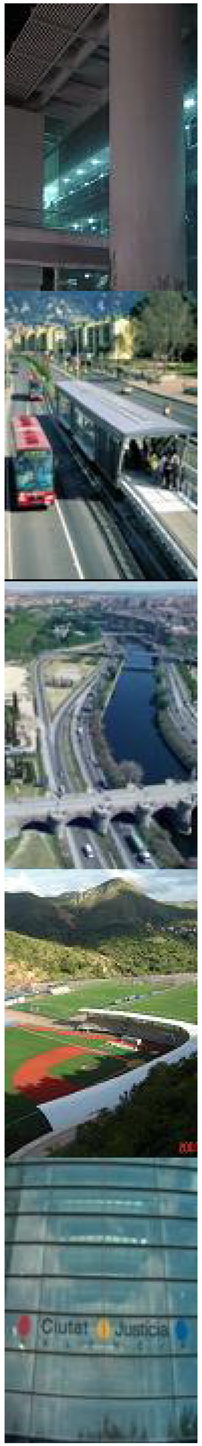
- Manual vs Automática





# Temario

- ¿Por qué se utiliza?
- ¿Cuándo se realiza?
- ¿Cómo se hace?
  - Paréntesis Conceptual
  - Selección de v.a.
  - Supuestos de modelación
  - Iteraciones
  - Criterio de convergencia
  - Histogramas de los resultados
  - Análisis

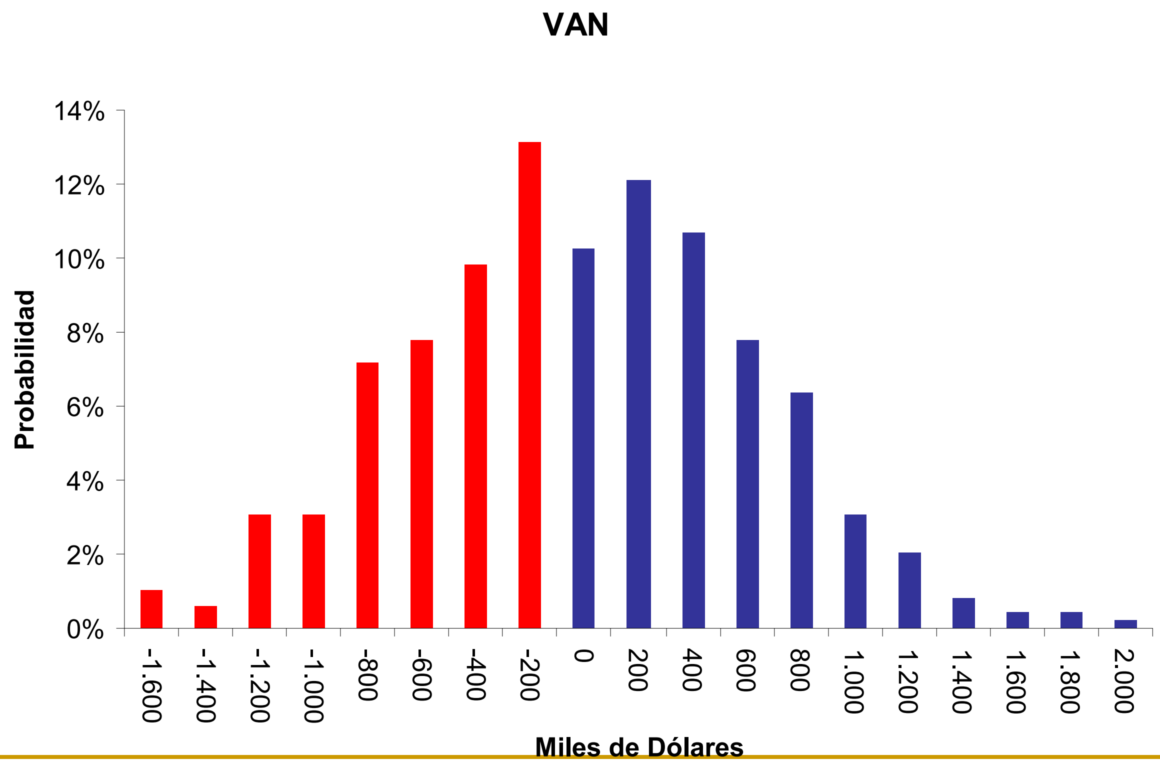


# Análisis de los Resultados

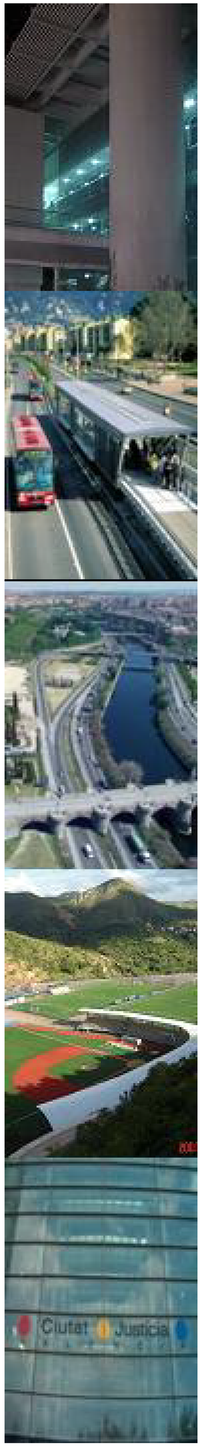
- Se analizan las probabilidades de ocurrencia de las variables de interés:
  - Probabilidad que VAN<0
  - Monto esperado de activación de las garantías
  - Probabilidad que no se activen las garantías
  - Monto esperado de compartición de rentas
  - Monto esperado de activación de las C.R.
  - Probabilidad que no se activen las C.R.
  - Probabilidad de default

# Análisis de los Resultados

- Probabilidad que VAN<0 = 50,1%

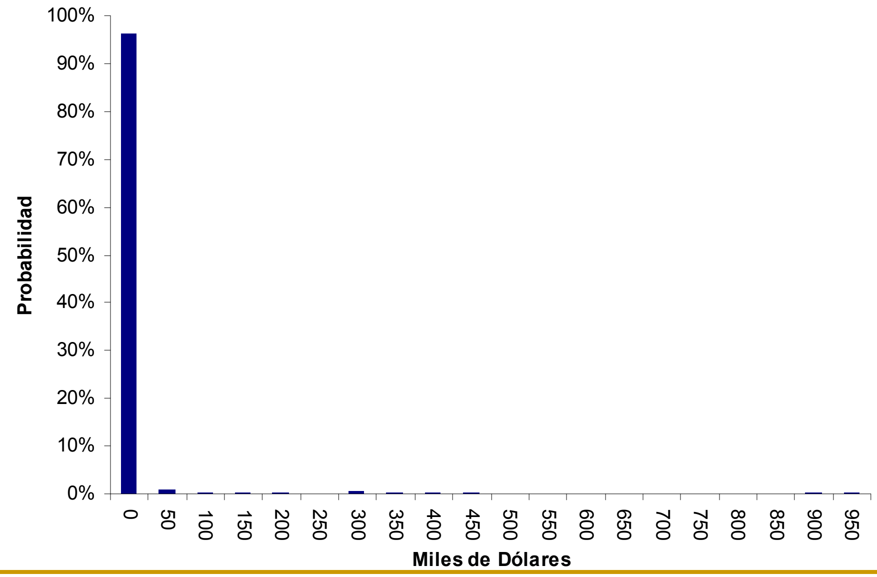



Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos



# Análisis de los Resultados

- E[Activación de los IMG] = 11.319 USD
- Probabilidad que no se activen = 96%
- P (activación>900.000 USD) = 0,4%



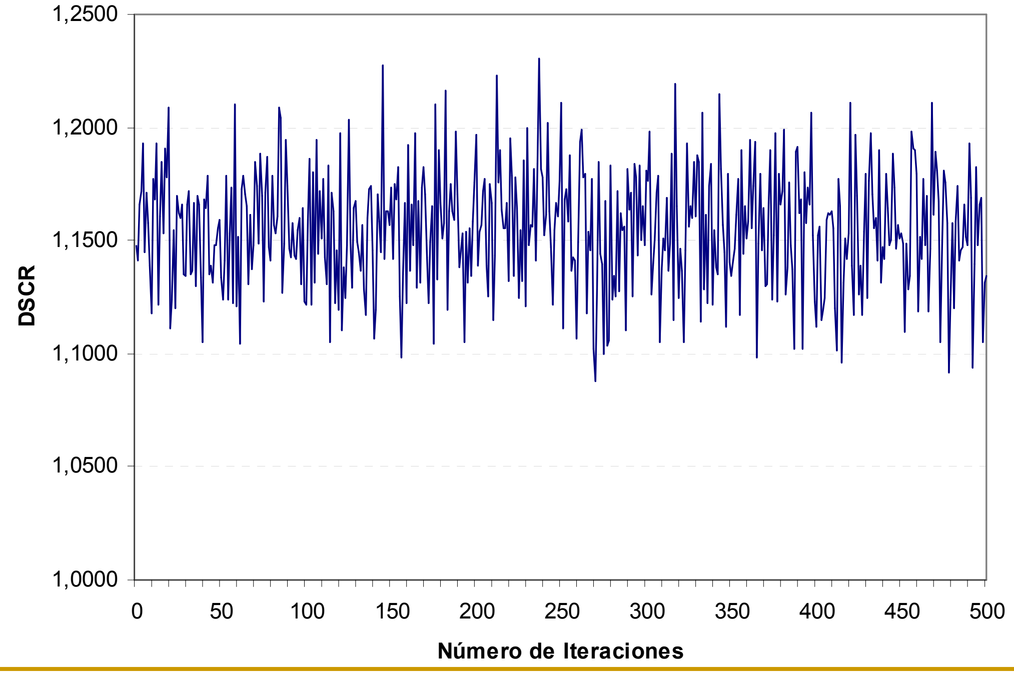

BID

PIAPPEM
Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos

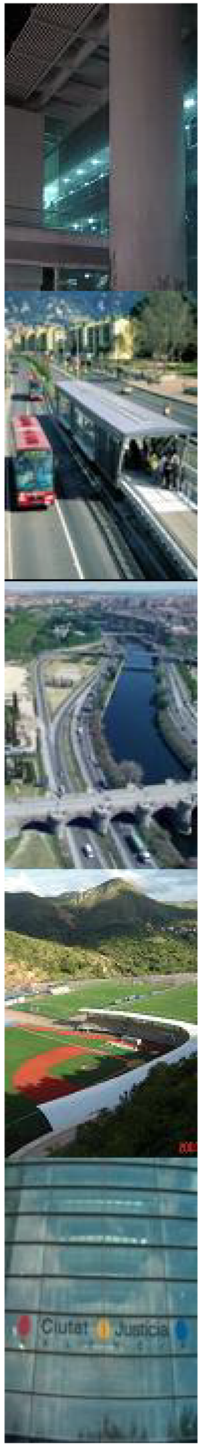
MIF FOMIN

# Análisis de los Resultados

- P (activación CR) = 0
- P (default) = 0




Programa para el Impulso de Asociaciones Público-Privadas en Estados Mexicanos




# SEGUNDO ENCUENTRO TÉCNICO SOBRE LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE ASOCIACIÓN PÚBLICO-PRIVADA

## Modelación Financiera II

### Evaluación estocástica de proyectos

**ENRIQUE MORAGA BERARDI**

enrique.moraga.b@gmail.com

**20, 21 y 22 de julio de 2009**

**Guanajuato, Guanajuato, México**