



Modelación y Simulación

ING. CÉSAR SALVADOR ROJAS ARGUETA

Modelación

Consiste en la representación de un fenómeno que ocurre en la vida cotidiana del ser humano o de las organizaciones.

Un observador indaga sobre un fenómeno o un proceso y busca una manera de representarlo para obtener utilidad al respecto.

La modelación es una técnica que nos permite representar un sistema/proceso/fenómeno.

Objetivo

El objetivo de la modelación es poder obtener información de un fenómeno o proceso a través de su representación.

Realizar análisis a mayor escala de un proceso en específico.

Ventajas

- Provee información importante sobre los procesos o fenómenos
- Analiza las relaciones entre los diferentes actores
- Brinda múltiples puntos de vista
- Integra toda la información relacionada al proceso.
- Permite visualizar desde diferentes perspectivas

Simulación

“Técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital” – Thomas T. Goldsmith.

“Es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él” – R.E. Shannon.

Se considera una de las técnicas de mayor impacto que nos ha brindado la computación.

La simulación agrupa soluciones para propósitos muy diferentes.

Objetivo

Comprender, analizar y mejorar las condiciones de operación relevantes de un sistema.

Permite visualizar y experimentar el comportamiento de un sistema y las áreas de mejora del mismo.

Conceptos Básicos

{ Un sistema es un conjunto de elementos que se interrelacionan para funcionar como un todo. }

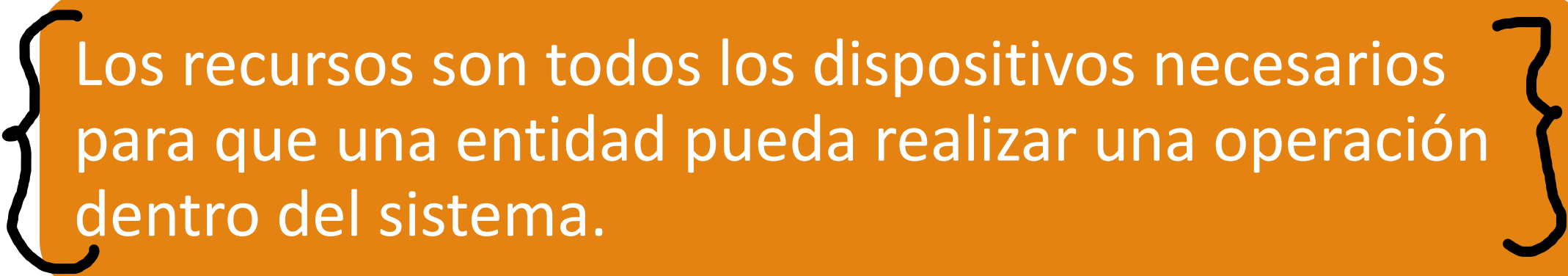
{ Un evento es un cambio en el estado actual del sistema, específicamente la entrada o salida de una entidad. }

{ Una entidad es la representación de flujos de entrada o salida al sistema. }

Conceptos Básicos



Las localizaciones son los lugares en los cuales una entidad puede detenerse dentro del sistema.



Los recursos son todos los dispositivos necesarios para que una entidad pueda realizar una operación dentro del sistema.

Conceptos Básicos

{ Las entidades tienen atributos, las cuales son las características físicas del mismo. }

Un reloj de simulación es el contador de tiempo del sistema, responde a preguntas del sistema relacionadas con el tiempo.

Ventajas



Permite conocer el impacto en el cambio de los procesos sin tener que llevarlos a la realidad.



Mejora el conocimiento de los procesos



Puede tomarse como medio de capacitación



Es más económico que realizar cambios reales en un proceso en producción

Ventajas



Permite probar diferentes escenarios en las mismas condiciones



Permite dar una solución a problemas de gran complejidad



Permite realizar animaciones de procesos

Desventajas

Se puede confundir la simulación con una herramienta de optimización

Si no se aplica en la ocasión correcta, puede ser una solución costosa en problemas sencillos.

La simulación responderá al diseño y entradas del sistema

Se requiere de mucho tiempo para realizar un buen análisis

Depende de la interpretación de los resultados estadísticos.

Ejemplo



Ejemplo



Pasos para realizar un estudio de Simulación

1. Definición del Sistema bajo estudio

2. Generación de un modelo de simulación base

3. Recolección y Análisis de Datos

4. Generación del modelo preliminar

5. Verificación del Modelo

Pasos para realizar un estudio de simulación

6. Validación del Modelo

7. Generación del Modelo Final

8. Determinación de los escenarios para análisis

9. Análisis de Sensibilidad

10. Documentación del Modelo, sugerencias y conclusiones

Definición del sistema bajo estudio

Es necesario conocer el sistema a modelar

¿Qué origina el sistema?

Se definen las variables de decisión

Se definen las interacciones entre las variables

Se debe establecer un modelo conceptual del sistema bajo estudio

Generación de un modelo de simulación base

Es el primer reto al cual deben enfrentarse

Requiere creatividad aunque no se tenga toda la información estadística

Puede incluirse las distintas variables que influyen en el sistema

Puede incluirse las respectivas distribuciones de probabilidad que influyen en el sistema

Recolección y análisis de datos

Se puede realizar de manera paralela respecto a la Generación del Modelo Base

Se debe determinar qué información es útil para el modelo

Se debe realizar un estudio estadístico del comportamiento de las variables

Se deben analizar los datos para asociar a cada variable una distribución de probabilidad

Se deben generar las condiciones necesarias para poder tener un modelo de simulación

Generación del Modelo Preliminar

Etapa de integración de la información obtenida a partir del análisis de datos

Si es un proceso nuevo, se deben realizar las estimaciones/inferencias

Se deben determinar sugerencias para distribuciones de probabilidad

Se debe entregar un modelo listo para la primera prueba

Verificación del Modelo

Se debe validar toda la información que se ha ingresado al modelo

Se deben eliminar los errores humanos que pueden ocurrir durante el desarrollo del modelo

Se debe dejar todo listo para realizar la comparación contra el modelo real

Validación del Modelo

Se deben realizar una serie de pruebas sobre el modelo

Se debe utilizar información de entrada real

Se debe comparar contra el modelo real, con la información real

Se pueden ingresar otros escenarios sugeridos como prueba del modelo

Se puede ingresar información histórica para prueba del modelo

Se pueden realizar animaciones del sistema para una mejor visualización

Generación del Modelo Final

Es momento de realizar el análisis del comportamiento del proceso

Se genera el modelo raíz para realizar diferentes escenarios de prueba

Se puede validar el modelo raíz a través de una animación

Determinación de los escenarios para el análisis

Se deben determinar todos los escenarios que se quieren realizar con el modelo

Como mínimo se deben realizar los escenarios optimista, pesimista y realista

Los paquetes de software brindan las herramientas necesarias para probar los escenarios

Análisis de Sensibilidad

Objetivos del análisis de sensibilidad:

Identificar los parámetros más importantes: El análisis de sensibilidad ayuda a determinar qué parámetros tienen un mayor impacto en los resultados del modelo, permitiendo enfocar la atención en aquellos que son más críticos para la toma de decisiones.

Evaluar la robustez del modelo: Permite determinar si el modelo es sensible a pequeñas variaciones en los parámetros de entrada, lo que ayuda a evaluar la confiabilidad de sus resultados.

Reducir la incertidumbre: Al comprender cómo los diferentes parámetros afectan el modelo, se puede reducir la incertidumbre asociada a sus predicciones.



Se deben realizar pruebas estadísticas sobre los escenarios y los resultados finales



Se realiza un análisis ¿Qué pasa sí?



Se deben tomar en cuenta los intervalos de confianza



Se debe evaluar el escenario ganador



Se debe aprender a visualizar las diferenciación de soluciones

Documentación del modelo, sugerencias y conclusiones

Todo modelo debe tener una conclusión

La documentación va a facilitar las modificaciones futuras

Se debe dejar constancia de documentación de todas las fases del desarrollo

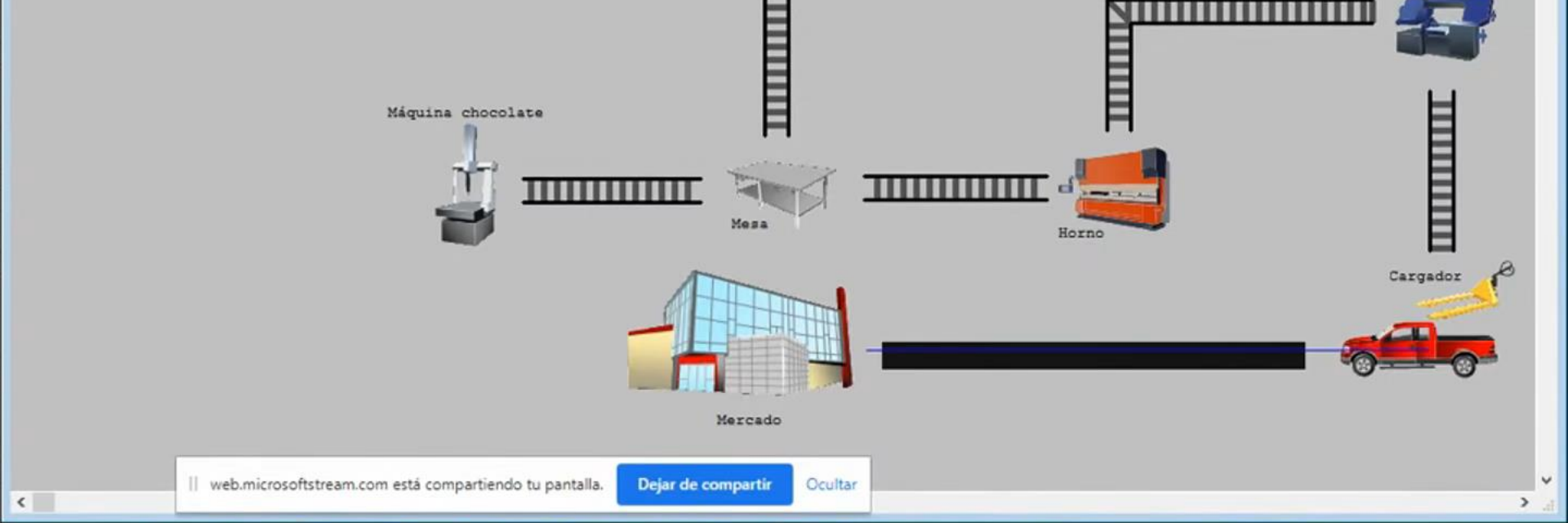
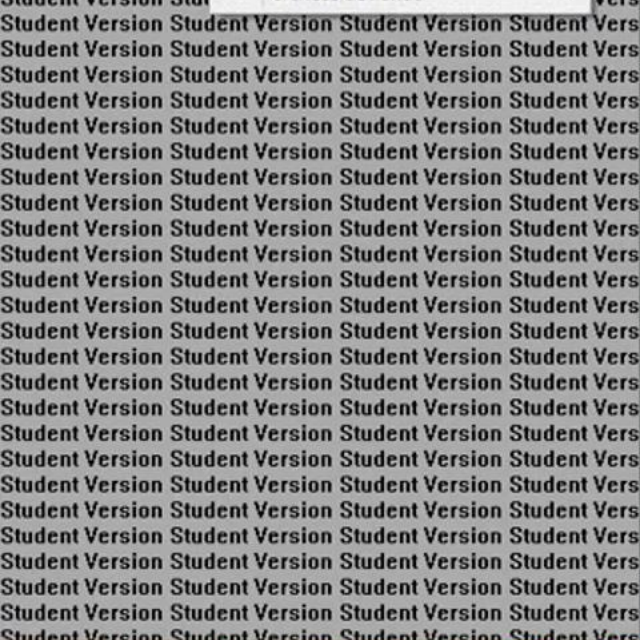
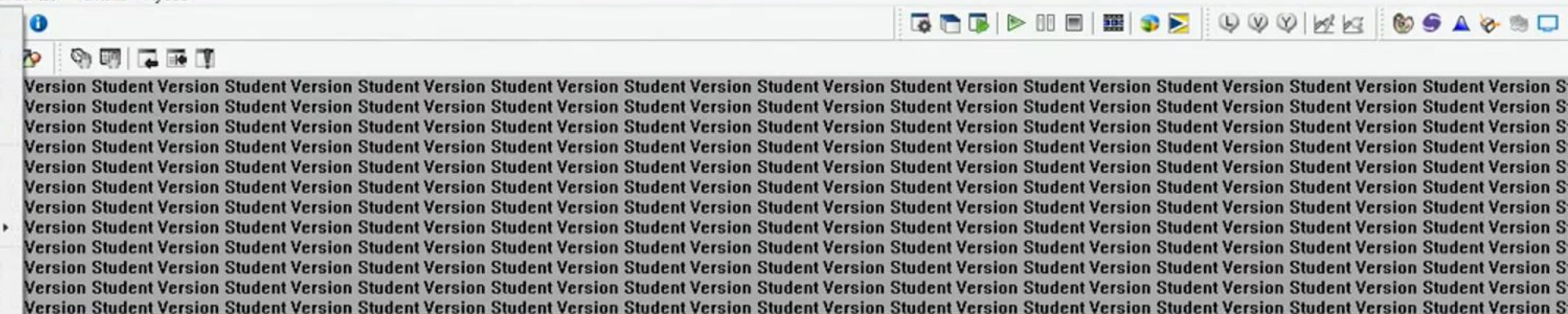
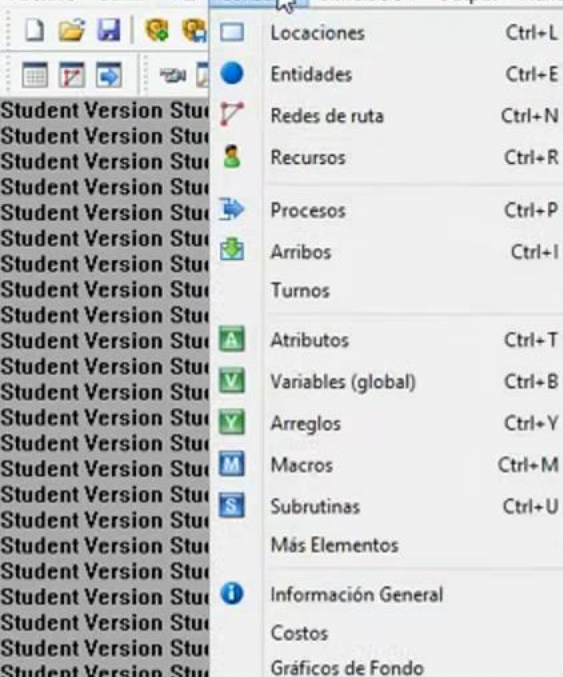
Se deben generar reportes ejecutivos del modelo

Software

Los procesos de modelación y simulación no pueden completarse sin software.

Algunos de los programas más conocidos son:

MatLab, EcoSim, Arena, IThink, Stella, ProModel, Visim.



Tarea

1. Investigar qué es un modelo conceptual

Diseñe un diagrama o modelo conceptual de

1. El sistema de colas de un banco del sistema.
2. El sistema de colas de un supermercado
3. El sistema de cobros de un Restaurante de comida rápida
4. El sistema de cobros de un restaurante tradicional



Flujogramas

¿Qué es un flujograma?

Es una representación gráfica de una serie de pasos.

Permite mostrar de manera visual la secuencia que existe para un proceso específico y al mismo tiempo la interacción que se debe completar entre las distintas etapas de las actividades.

Permite la visualización de los actores, las actividades y sus relaciones dentro de un proceso para ayudar a su fácil comprensión.




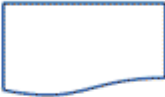
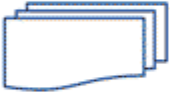





Características

- Maneja una simbología específica.
- Debe tener un orden y una secuencia.
- Si se ejecutara dos veces, debe devolver el mismo resultado.
- Debe tener un inicio y un fin.
- Se puede aplicar a distintas áreas de la organización.

Ventajas

- Las organizaciones encuentran gran apoyo para la transferencia de conocimiento de los procesos.
- Permite visualizar los puntos de mejora de un proceso.
- Facilitan el estudio de un proceso.
- Herramienta de apoyo para aplicación de metodologías de mejora continua.
- Identifica los límites de un proceso
- Permite manejar control sobre los procesos.

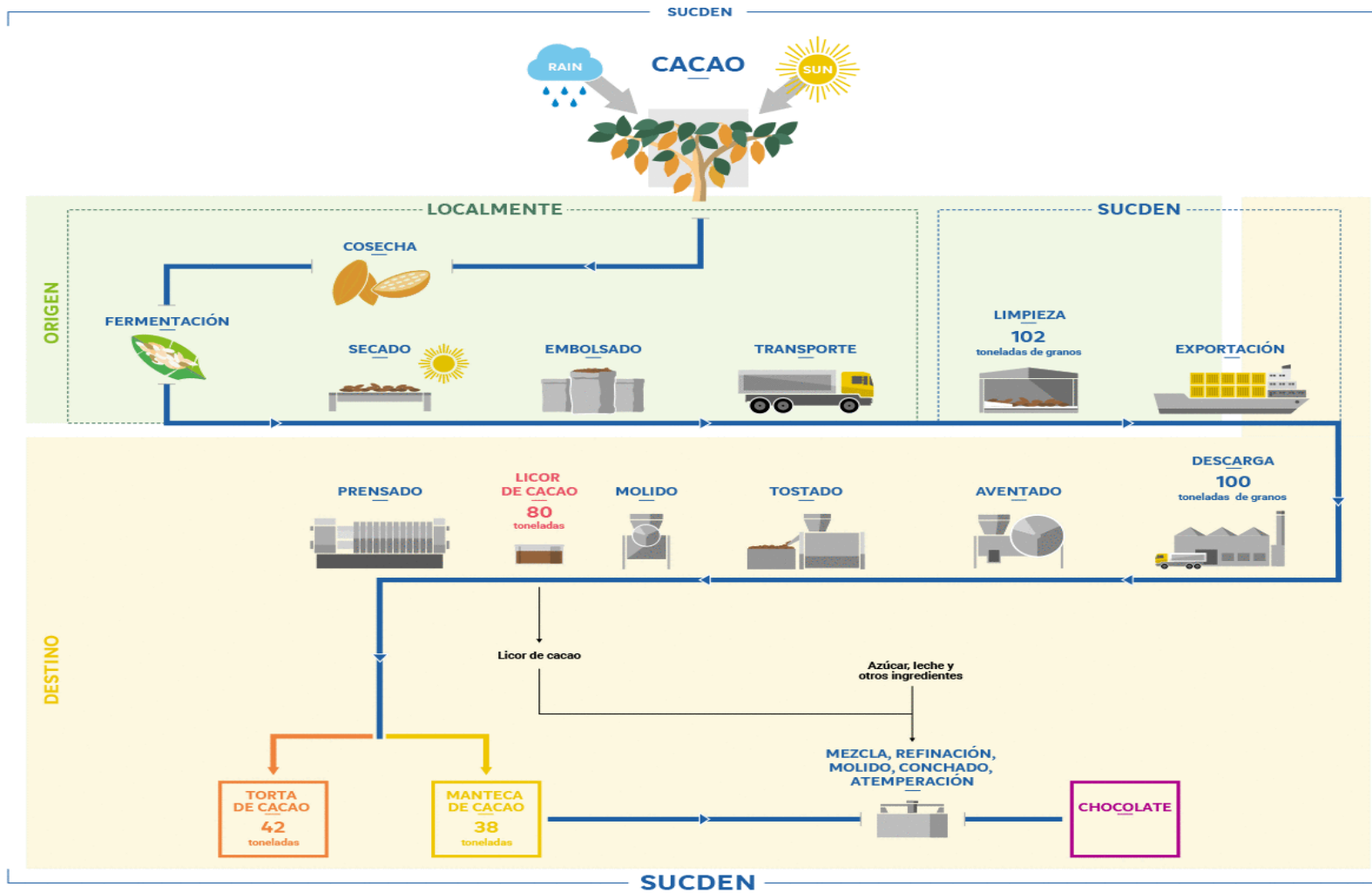
Simbología

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso.		Actividad: Representa la actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión: Señala un punto en el flujo donde se produce una bifurcación del tipo "Sí" – "No".		Documento: Documento utilizado en el proceso.
	Multidocumento: Refiere un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente.		Inspección / Firma: Aplicado en aquellas acciones que requieren de supervisión.
	Conector de un Proceso: Conexión o enlace con otro proceso, en el que continúa el diagrama de flujo. Por ejemplo, un subproceso.		Archivo: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento o expediente.
	Base de Datos: Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de Flujo: Indica el sentido del flujo del proceso.

Pasos para crear un diagrama de procesos

1. Identificar el proceso
2. Establecer los límites
3. Determinar los pasos/ordenamiento de los pasos
4. Definir responsables/tiempos
5. Dibujar el diagrama
6. Definir el tiempo total del proceso

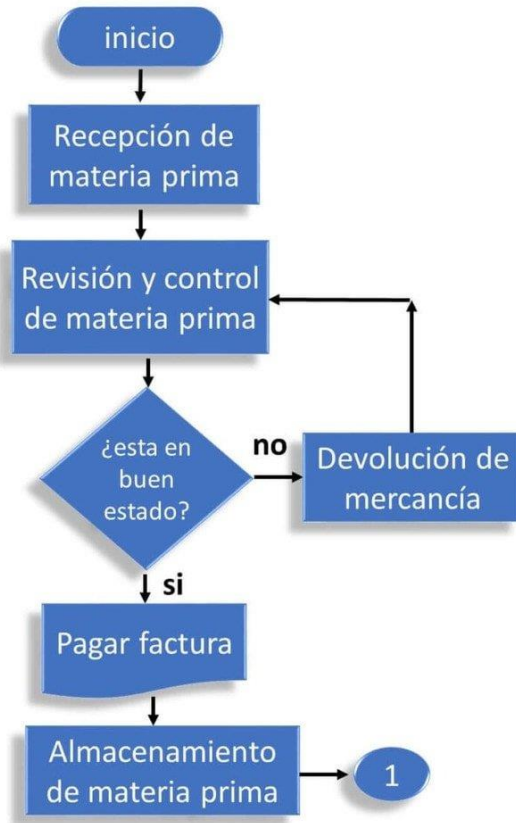
Ejemplo Aplicado



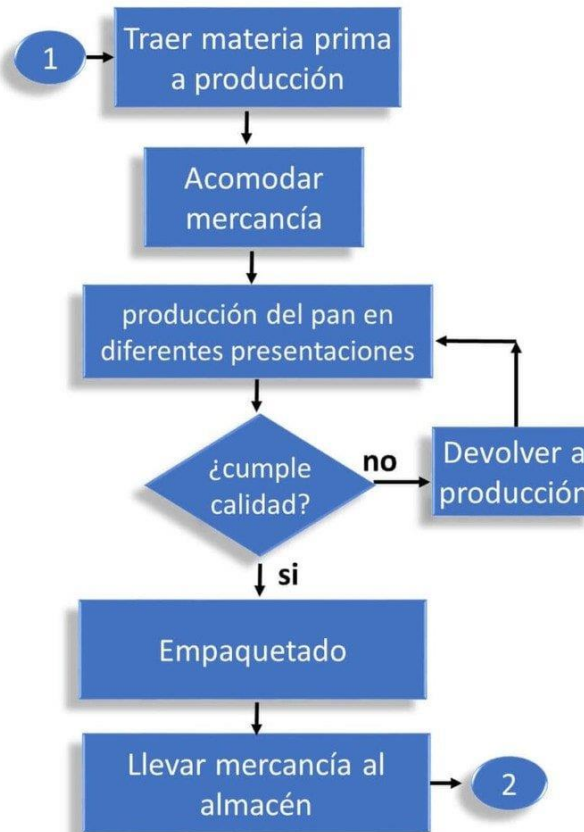
Ejemplo Aplicado

Diagrama de flujo en la producción de pan

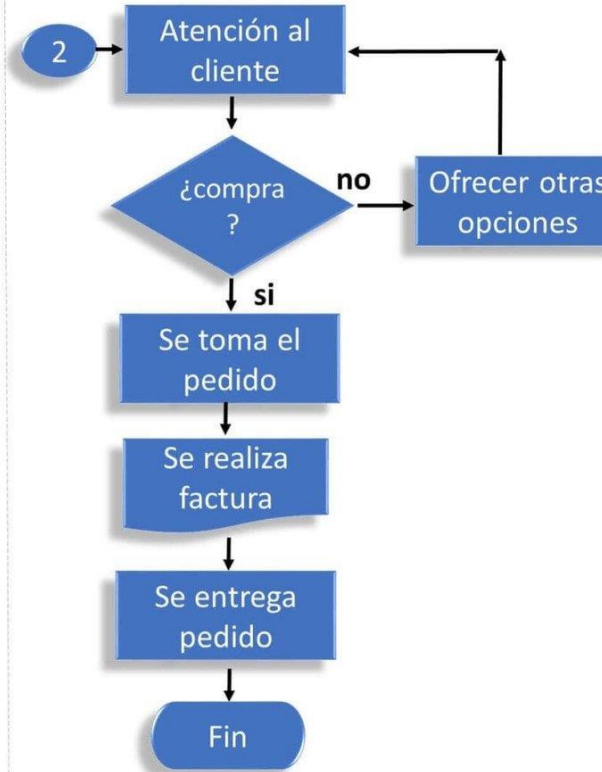
— Departamento de almacén



Departamento de producción

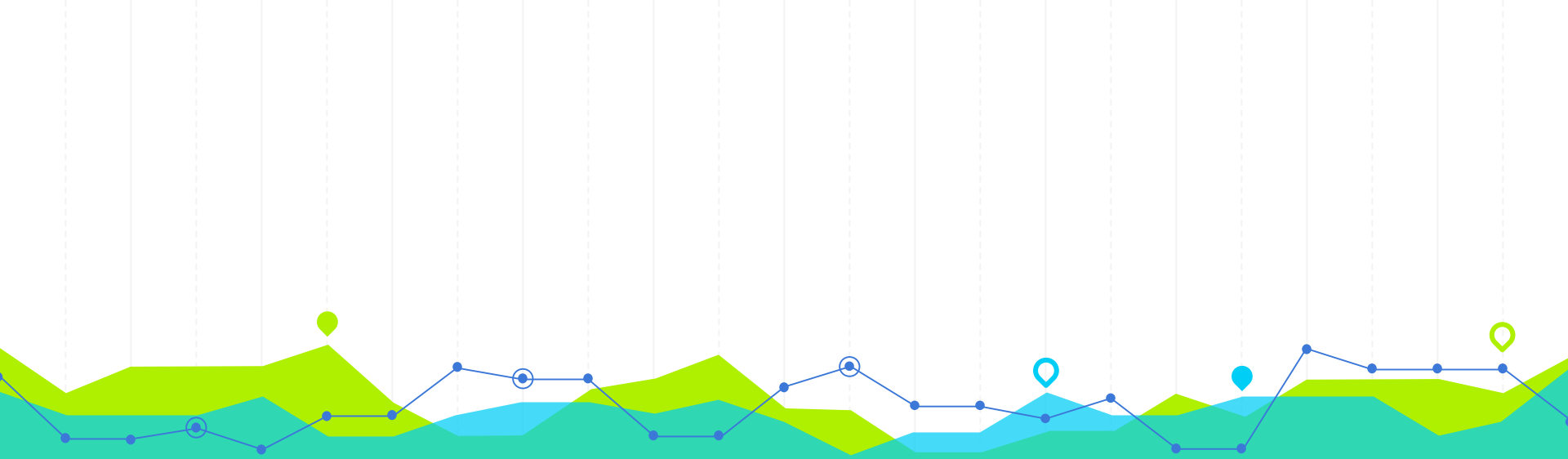


Departamento de ventas



Recomendaciones

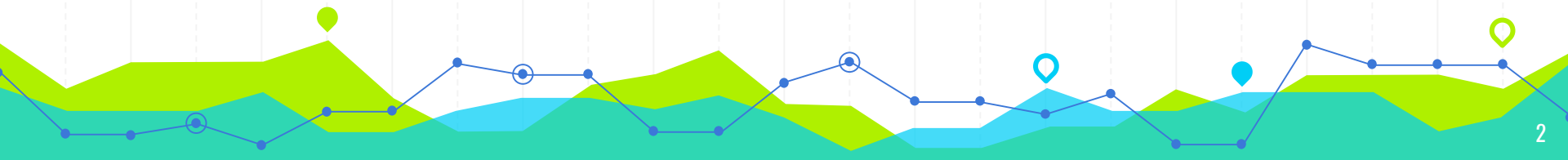
- Mantener los diagramas de flujo simples.
- Utilizar herramientas de tecnología
- Buscar similitudes a la realidad del proceso.
- Mantener actualización constante en los diagramas.
- Medir los tiempos totales de ejecución de los procesos.



Sistemas Discretos

Sistemas de Modelación

- Los sistemas de modelación que son objeto de estudio, regularmente están basados en aleatoriedad en las variables, por lo tanto, el uso de estadística en los Sistemas de Modelación es algo que se debe tener en cuenta.



Datos de Entrada

- Los datos históricos son el principal dato de entrada a los sistemas de modelación, lo que se busca es poder determinar de forma adecuada el comportamiento de las entidades y localizaciones en función de sus datos históricos.



Datos de Entrada

- Los datos históricos son el principal dato de entrada a los sistemas de modelación, lo que se busca es poder determinar de forma adecuada el comportamiento de las entidades y localizaciones en función de sus datos históricos.
- La calidad de los datos de entrada determina la fiabilidad del sistema y las conclusiones que se puedan obtener como objeto del análisis.



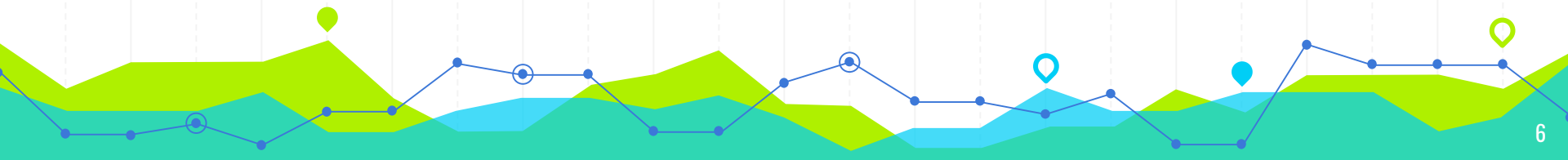
Datos de Entrada

- Los datos históricos son el principal dato de entrada a los sistemas de modelación, lo que se busca es poder determinar de forma adecuada el comportamiento de las entidades y localizaciones en función de sus datos históricos.
- La calidad de los datos de entrada determina la fiabilidad del sistema y las conclusiones que se puedan obtener como objeto del análisis.
- Los resultados de un modelo de simulación deben ser siempre comparados contra la realidad del sistema.



Variables Aleatorias

- La existencia de fenómenos no deterministas son representadas a través de variables aleatorias.
- Cuando una variable es aleatoria no se conoce con certeza cuál puede ser el valor que toma.
- Sin embargo, se debe definir un rango que funciona como un marco dentro del cual existen los posibles valores que una variable toma.



Tipos Variables Aleatorias

En función del valor:

- Continuas
- Discretas

En función del origen de los datos

- Teóricas
- Empíricas



Variables Aleatorias Discretas

- Debe cumplir con las siguientes condiciones
- $P(x) \geq 0$
- $\sum_{i=0}^{\infty} P_i = 1$
- $P(a \leq x \leq b) = \sum_{i=a}^b P_i = P_a + \dots + P_b$

Discretas: Se cuentan, valores finitos, ejemplos: número de hijos, número de llamadas. Continuas: Se miden, valores infinitos, ejemplos: altura, temperatura, lluvia.



Variables Aleatorias Continuas

- Se representan mediante una ecuación que se conoce como función de densidad de probabilidad.
- Deben cumplir con los siguientes parámetros:
- $P(x) \geq 0$
- $P(x = a) = 0$
- $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) = 1$
- $P(a \leq x \leq b) = P(a < x < b) = \int_a^b f(x)$

Comportamiento de las Variables Aleatorias

- El comportamiento de una variable aleatoria se determina a través de medidas de tendencia o dispersión.
- La media es un valor que determina sus valores más probables.
- La varianza ayuda a determinar la dispersión de los valores respecto a la media.

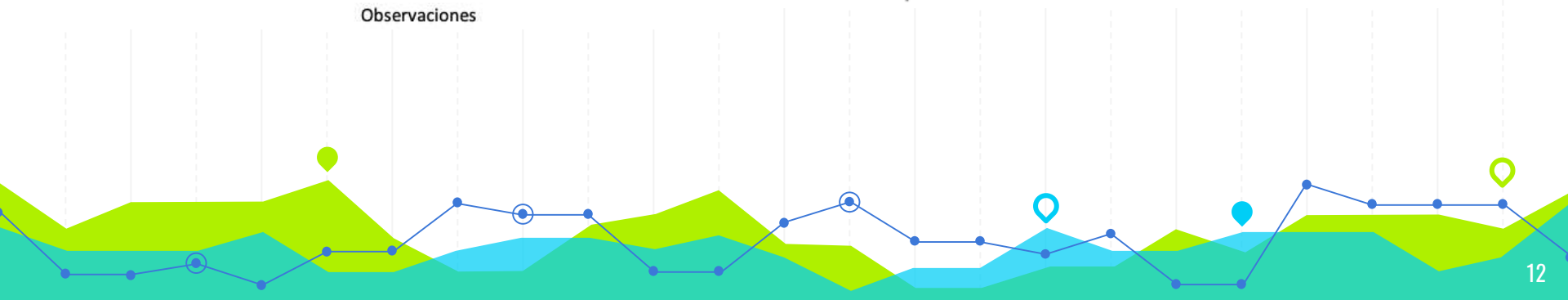
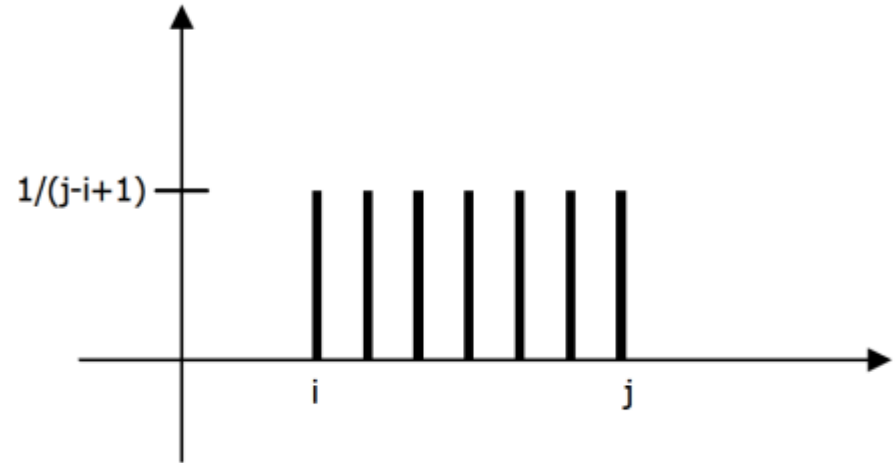
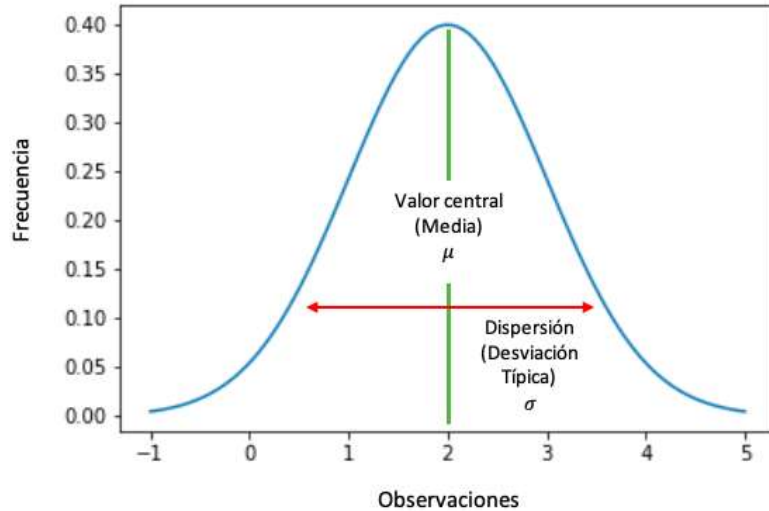


Distribuciones de Probabilidad

- Son las funciones que permiten conocer el universo de posibles valores que puede tomar una determinada variable acorde a su comportamiento.
- Todos los posibles resultados que puede obtener una variable se deben mapear dentro de la distribución de probabilidad.
- Esta función permite visualizar cómo se espera que los resultados de una variable se comporten.

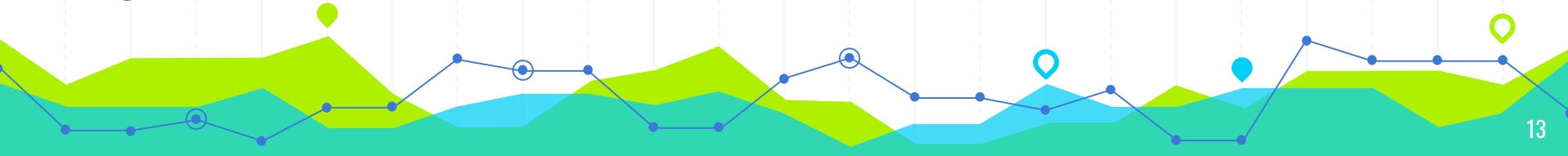


Distribuciones de Probabilidad



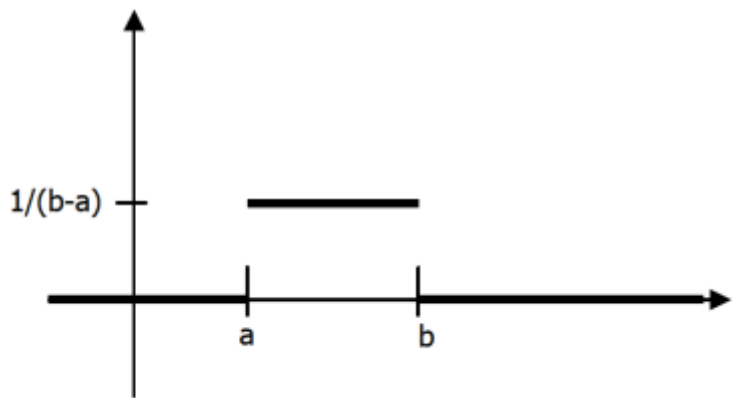
Variables Aleatorias continuas más utilizadas

- Uniforme
- Exponencial
- Weibull
- Normal
- Normal-logarítmica
- Triangular
- Beta
- Gamma



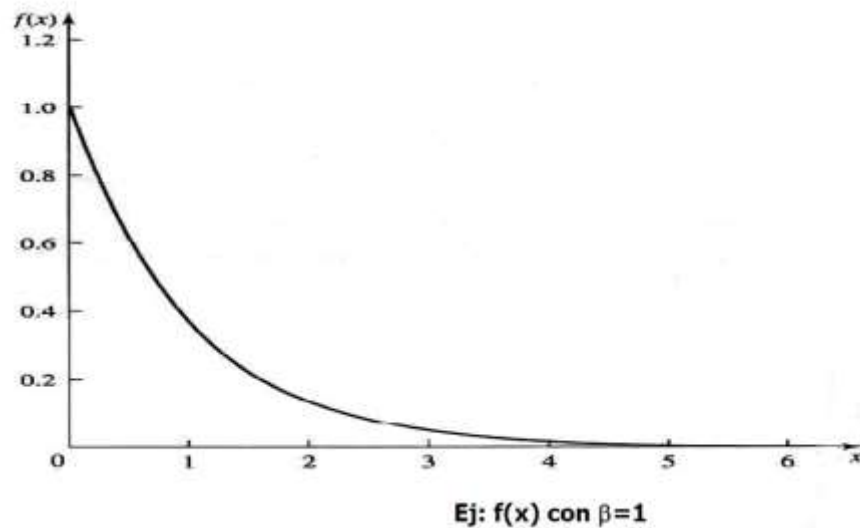
Uniforme

- Se utiliza como la aproximación a una variable que entre los dos posibles valores a y b (rango) todos tienen la misma probabilidad.



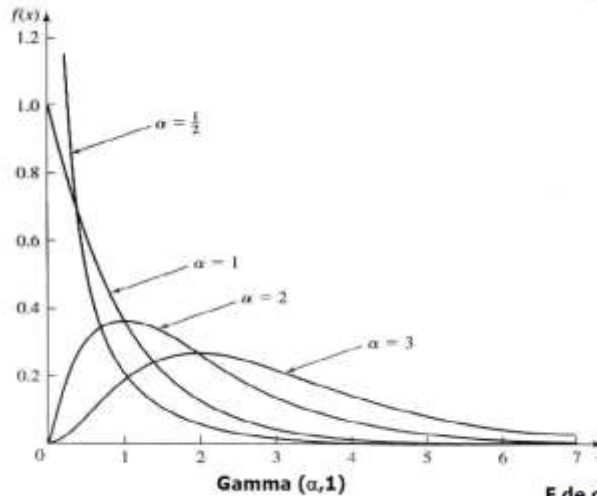
Exponencial

- Es una función que representa la distribución de tiempos que suceden a una tasa constante, ejemplo el tiempo entre llegadas de clientes.



Gamma

- Es una función que representa la distribución de tiempos que ocurren al completar una tarea, por ejemplo el tiempo de servicio a clientes.

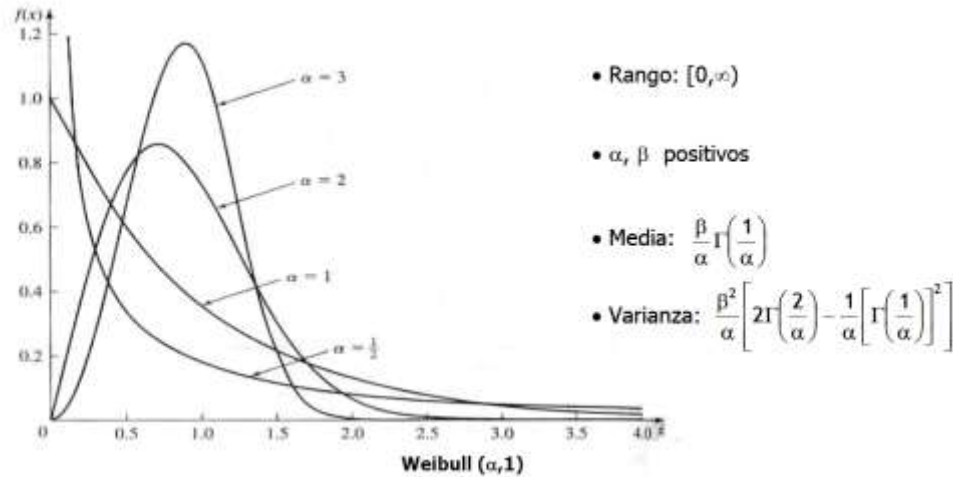


- Rango: $[0, \infty)$
- α, β positivos
- Media: $\alpha \beta$
- Varianza: $\alpha \beta^2$

F de distribución: si $\alpha < 1$ no tiene forma cerrada, si α es un entero positivo:

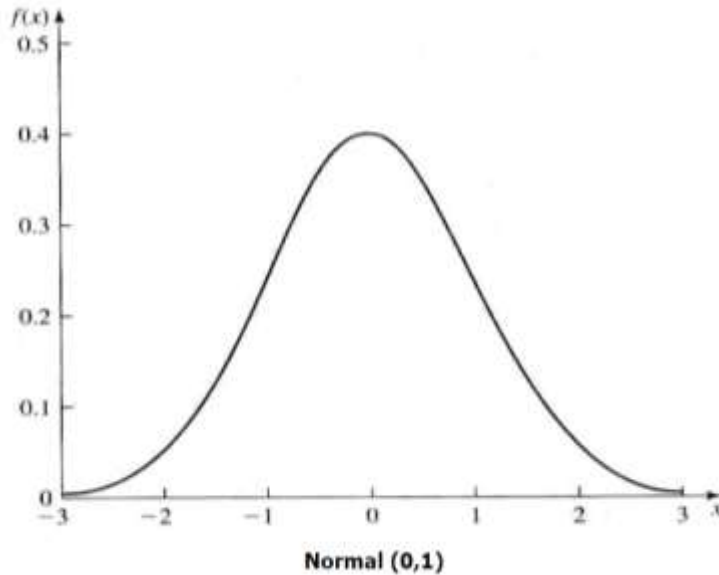
Weibull

- Es una función que representa la distribución de tiempos que ocurren al fallar una tarea, esto significa que en el tiempo el evento/tarea pueda sufrir cambios en su probabilidad.



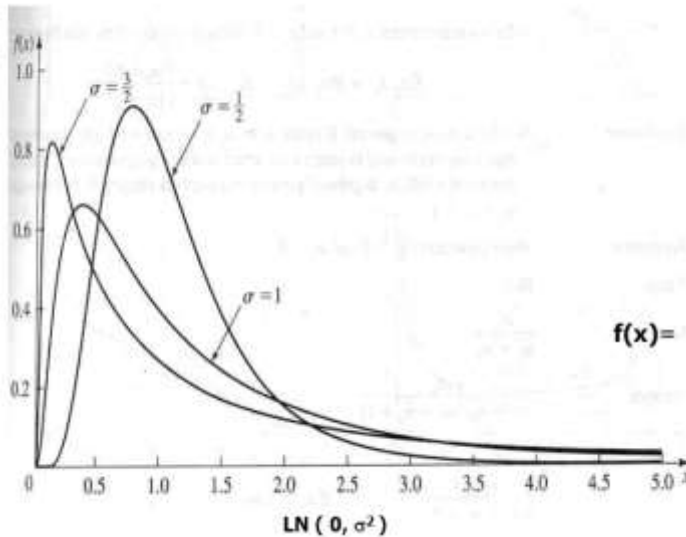
Normal

- Es una distribución de probabilidad que se utiliza para la representación de mediciones de forma más común, principalmente para errores y mediciones, además es la base para la estadística inferencial.



Normal Logarítmica

- Es una distribución de probabilidad que se utiliza para la representación de tiempos para realizar tareas o bien valores en crecimiento constante, tiene un sesgo a la derecha.



- Rango: $[0, \infty)$

- μ no acotada y σ positiva

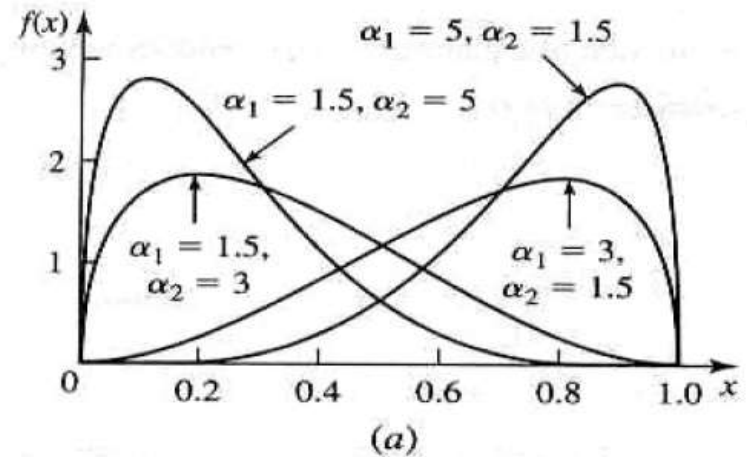
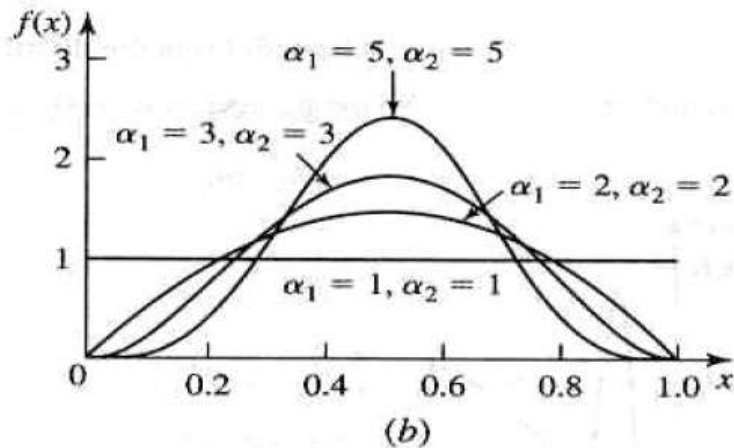
- Media: $e^{\mu + \sigma^2 / 2}$

- Varianza: $e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

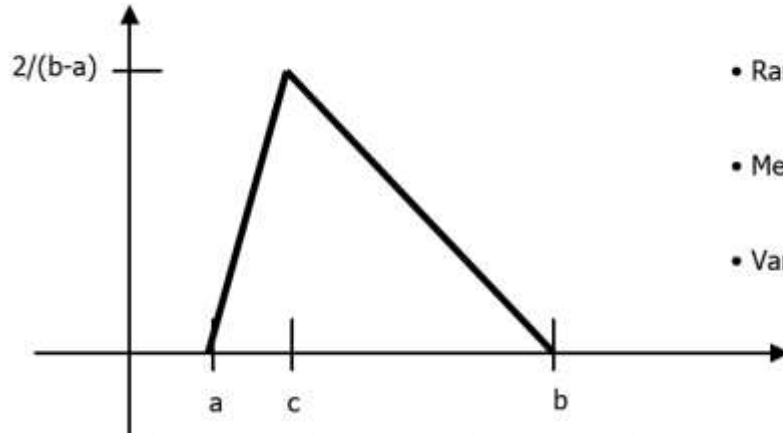
Beta

- Es una distribución de probabilidad que se utiliza para la representación de ausencia de datos, cantidad de defectos en un lote o tiempos para finalizar tareas.



Triangular

- Es una distribución de probabilidad en la que se distingue que no se tienen datos completos y se basa únicamente en un máximo, mínimo y una moda.



- Rango: $[a,b]$
- Media: $(a+b+c)/3$
- Varianza: $(a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc)/18$

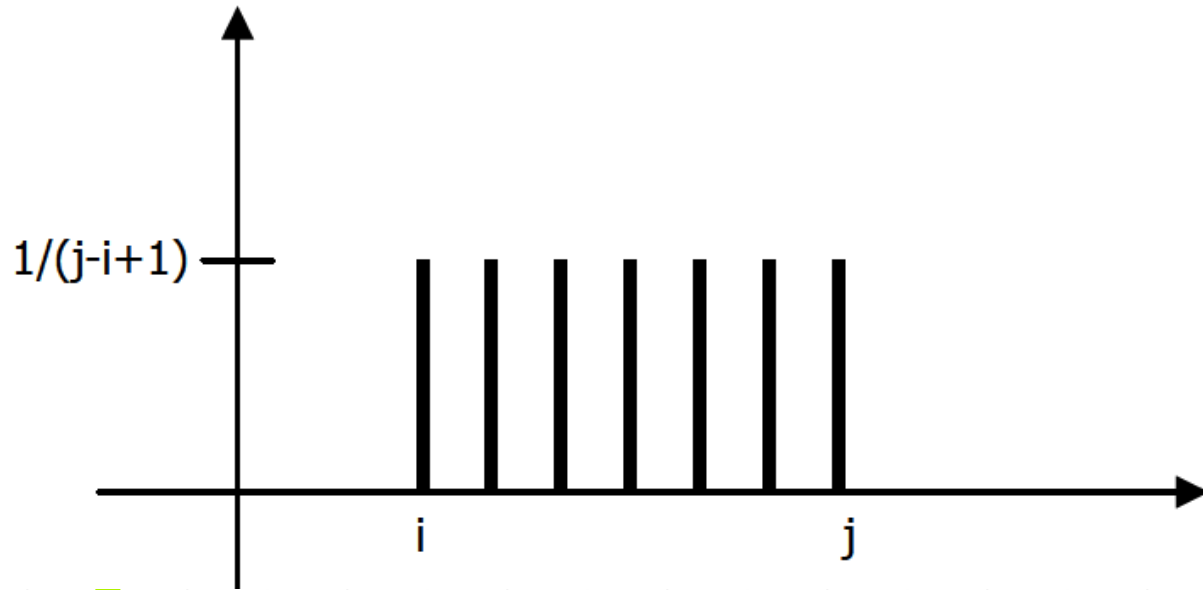
Variables Aleatorias discretas más utilizadas

- Uniforme Discreta
- Binomial
- Bernoulli
- Poisson
- Geométrica
- Hipergeométrica



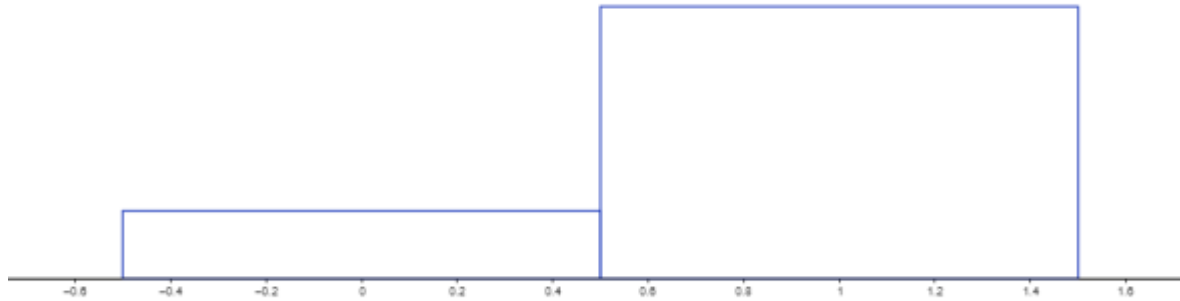
Uniforme Discreta

- Se utiliza cuando los posibles resultados tienen la misma probabilidad



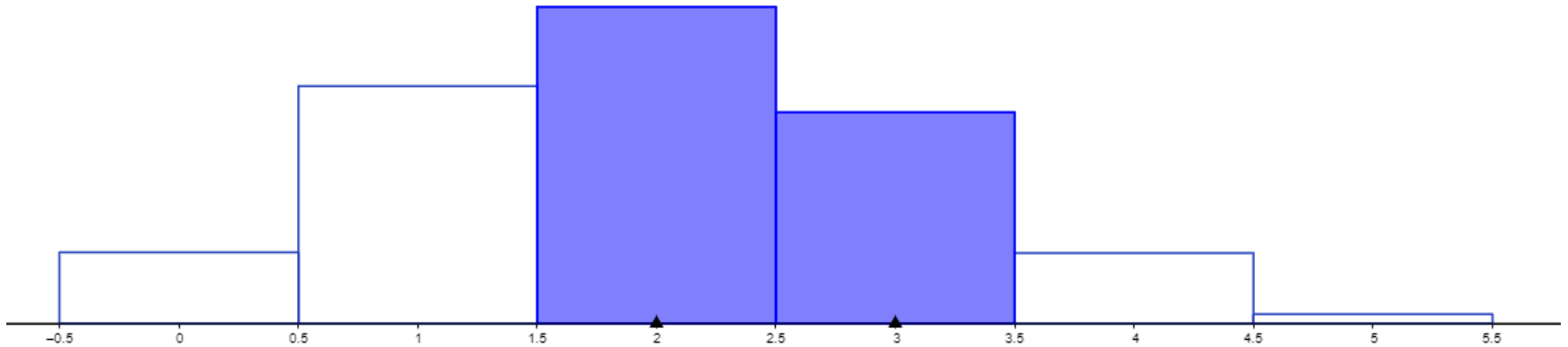
Bernoulli

- Se utiliza cuando los posibles resultados de un evento son dos: éxito o fracaso y el evento tiene una única ocurrencia



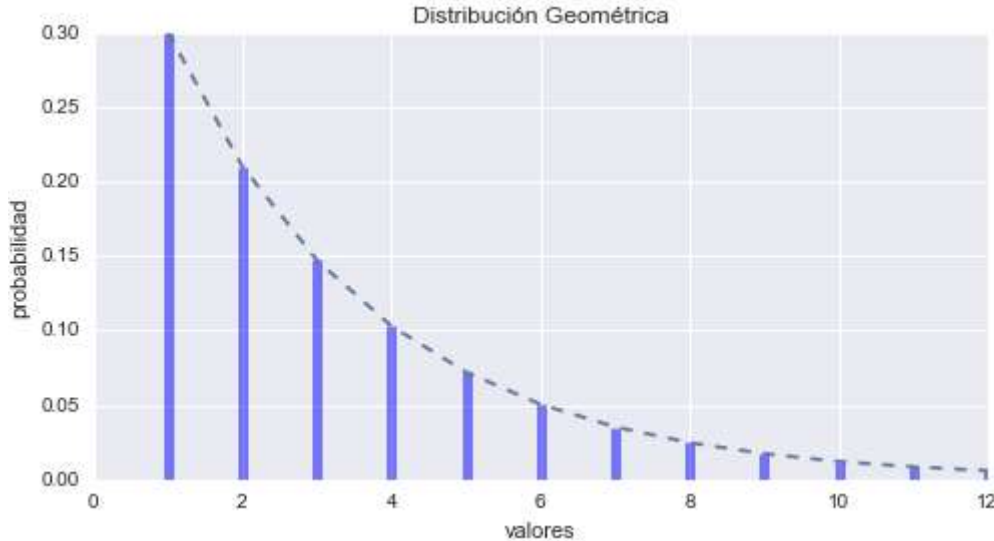
Binomial

- Se utiliza cuando los posibles resultados son solo dos, representada para eventos que tengan como resultado éxito o fracaso pero realizando múltiples mediciones.



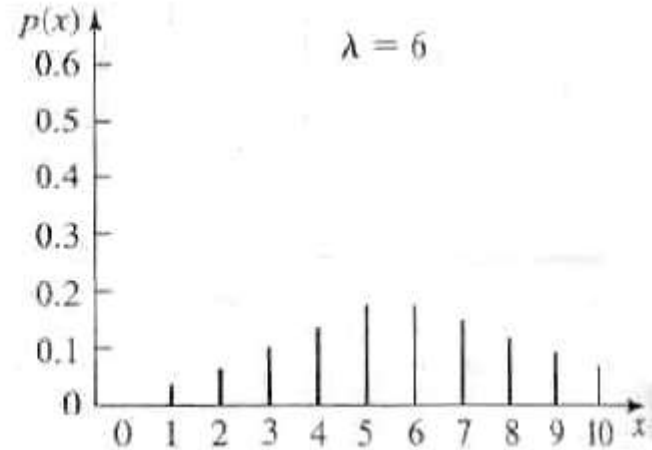
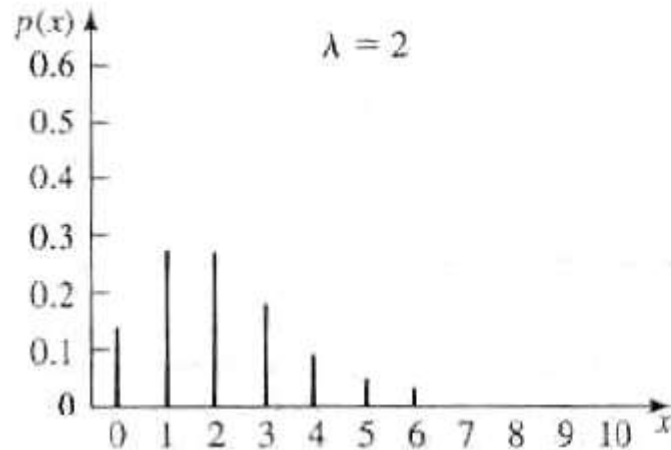
Geométrica

- Distribución de probabilidad que se utiliza cuando hay múltiples eventos de Bernoulli pero con la misma probabilidad de éxito y se encarga de contar la probabilidad del primer éxito.



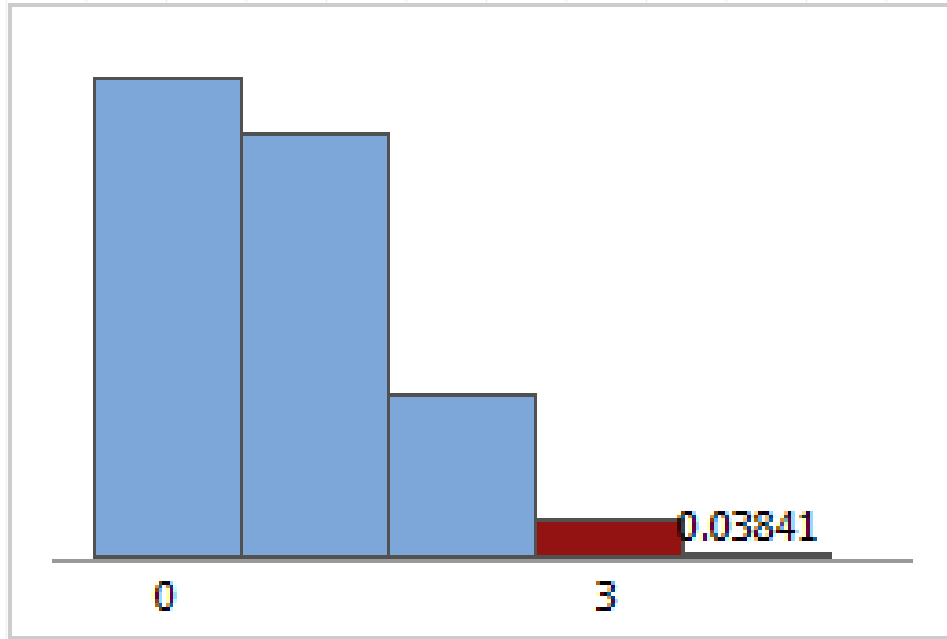
Poisson

- Se utiliza cuando se cuenta la cantidad de ocasiones en que ocurre un suceso, en muchas ocasiones se asocia a una probabilidad muy baja que ocurra un resultado en específico.



Hipergeométrica

- Se utiliza cuando se desea realizar experimentos con extracciones sin reemplazo, por ejemplo para encontrar productos defectuosos en lotes pequeños.



Tarea

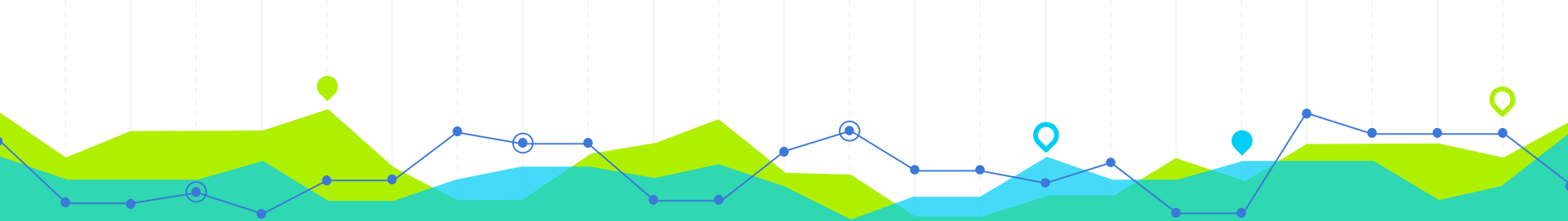
Identifique la(s) distribución(es) de probabilidad para cada uno de los siguientes casos:

1. **Control de calidad en una fábrica de teléfonos**, se quiere saber la probabilidad que un número N salgan defectuosos.
2. **Tiempo de respuesta de un servidor**, se quiere medir la probabilidad que el tiempo de respuesta de un servidor será menor a N segundos.
3. **Vida Útil de Baterías**, se quiere conocer la probabilidad que una vida dure más de N meses.
4. **Tiempo de atención de un Agente**, se desea saber la probabilidad que un Agente pueda responder una llamada en N minutos.

Tarea

5. **Producción de Chips**, se quiere saber la distribución de probabilidad que N chips salgan defectuosos después de una corrida de producción.
6. **Tiempo de arribo a un banco**, se quiere saber la distribución de probabilidad de clientes arriben a una agencia determinada de un banco.





Dudas o consultas