



# ETAPAS DE UN PROYECTO DE SIMULACIÓN

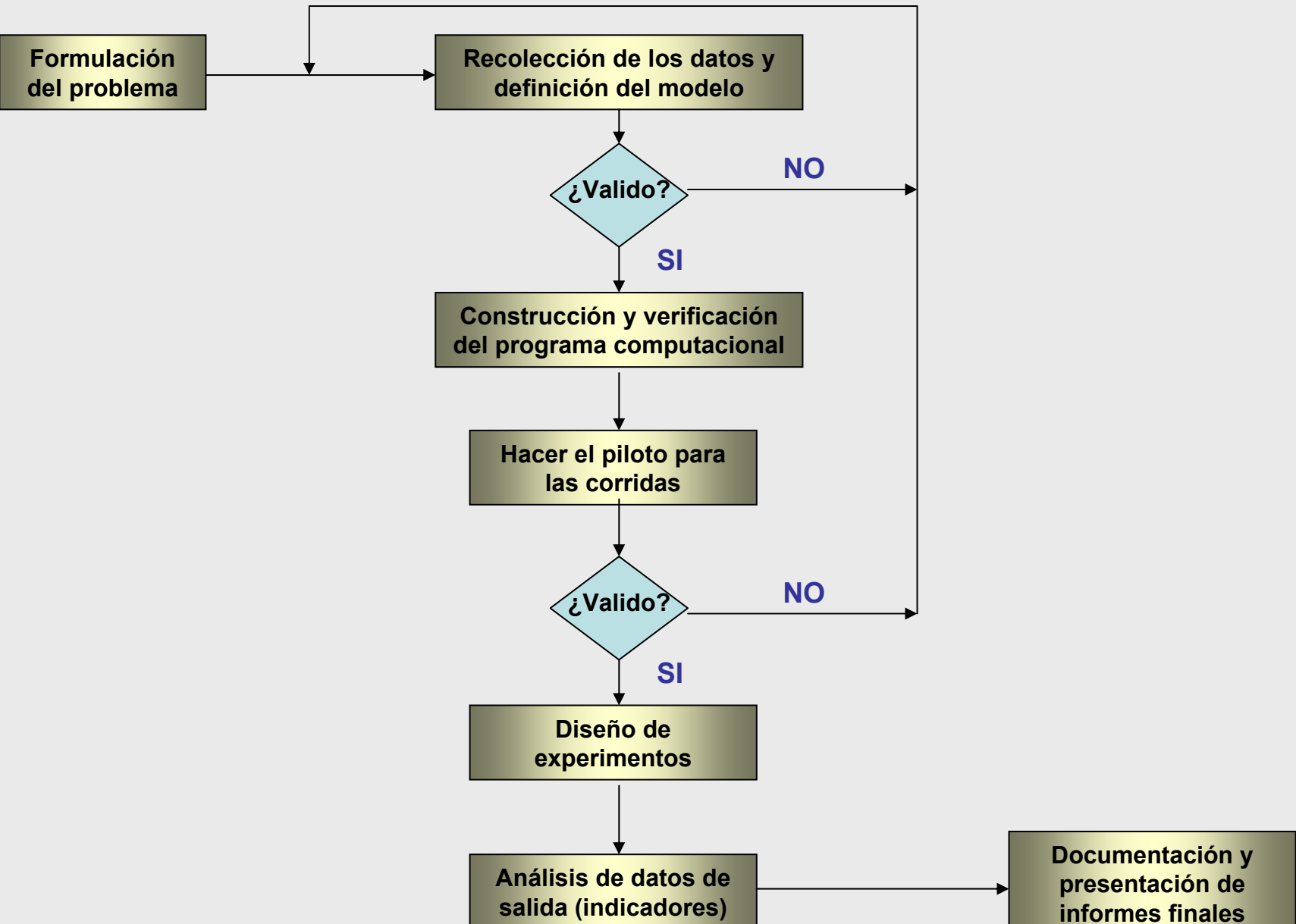
---

ESTUDIO DE SISTEMAS DINÁMICOS

**JAIME MIRANDA**

Departamento de Ingeniería Industrial  
Universidad de Chile

# PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



# EN GENERAL EL PROCESO ES...

## Definición del Problema

**Define el Problema a ser estudiado, incluyendo una declaración escrita del objetivo**

## Conceptualización del Modelo

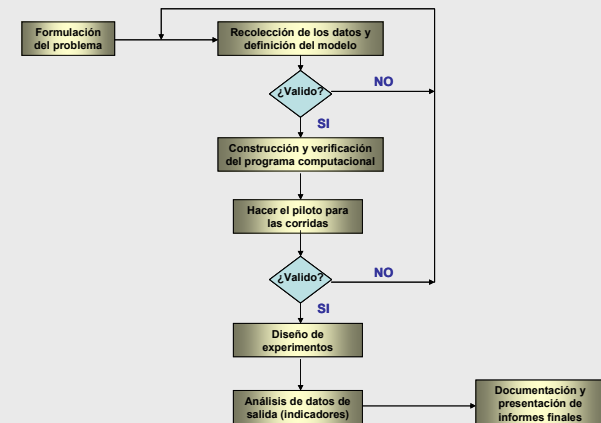
**Abstraer el sistema en un modelo describiendo los elementos, sus características y sus interacciones (gráficos)**

## Recolección de Datos

**Identificar, especificar y coleccionar datos en apoyo del modelo**

## Construcción del Modelo

**Capturar el modelo conceptualizado utilizando los constructos de un lenguaje de simulación**



# EN GENERAL EL PROCESO ES...

## Verificación y Validación

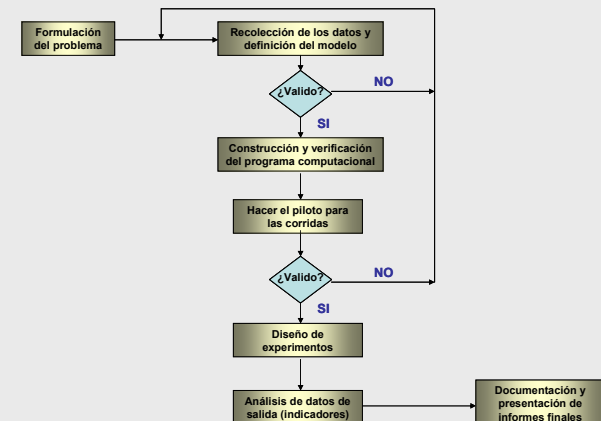
Establecer si el modelo ejecuta lo que se intenta y que exista una correspondencia entre el modelo y el sistema

## Conducir Experimentos

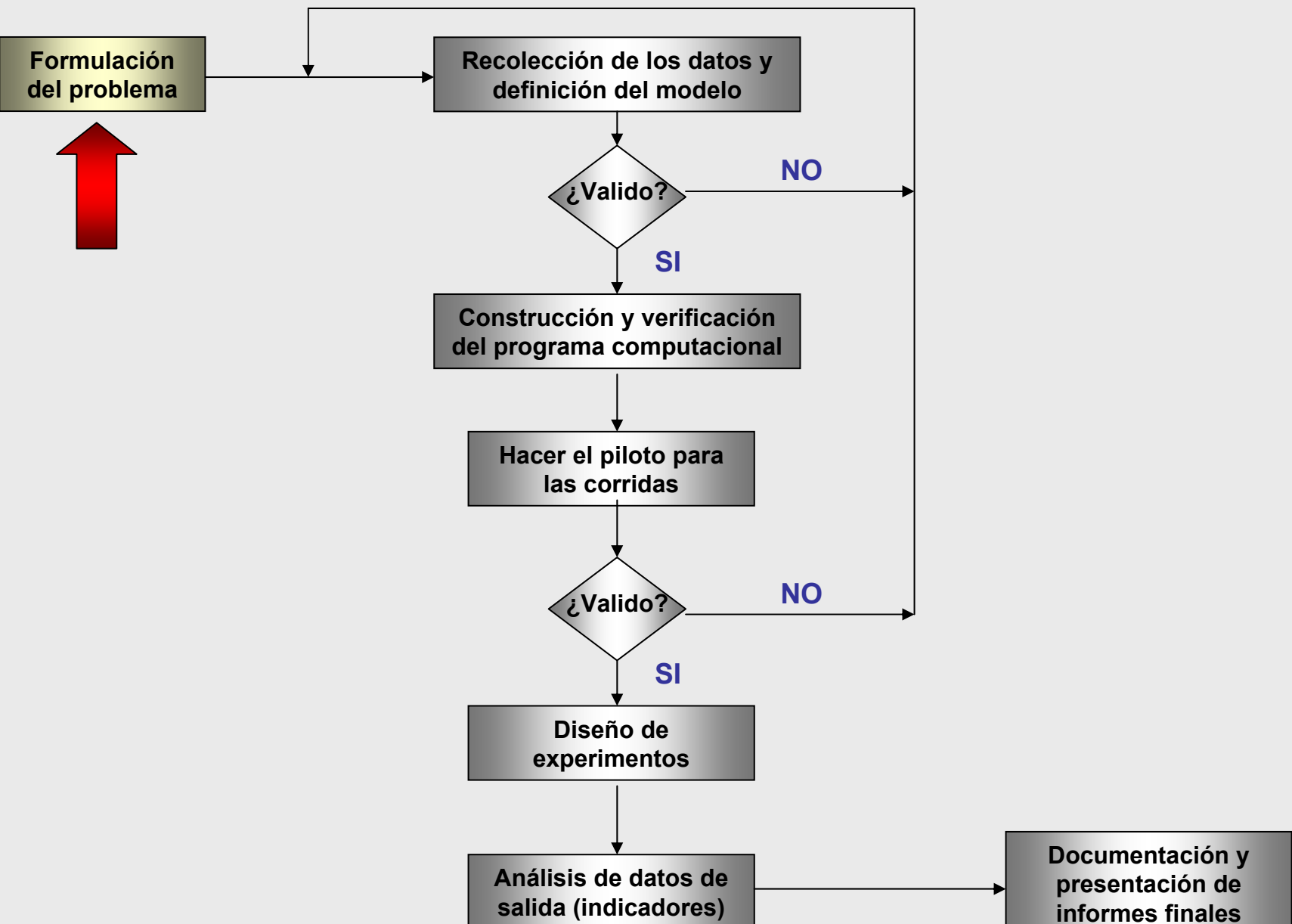
Hacer corridas de simulación controlados. Variando el valor de una variable de decisión manteniendo el resto exactamente igual. La variación en la salida se atribuye a estos cambios

## Analizar Resultados

Estudiar los resultados de la simulación para inferir información y hacer recomendaciones para la resolución del problema



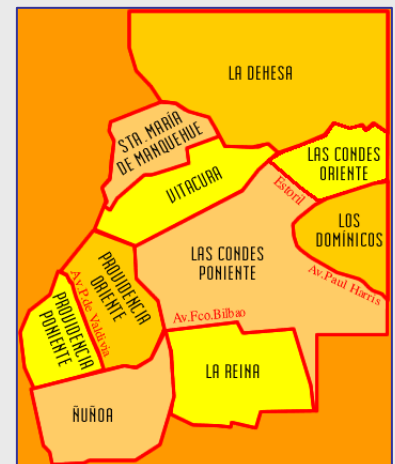
# PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



# UN EJEMPLO PRACTICO

## SITUACION (Descripción del problema)

- Nombre de la empresa: MENU EXPRESS
- Negocio: Reparto de comida y souvenir variados
- Característica distintiva: Rapidez (50 min. o gratis)
- Productos
  - Menús de más de 40 restaurantes de Santiago.
  - Regalos variados.
  - Entradas a eventos.



# UN EJEMPLO PRACTICO

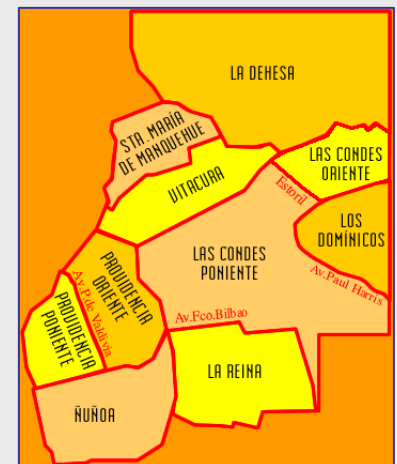
## SITUACION (Descripción del problema)

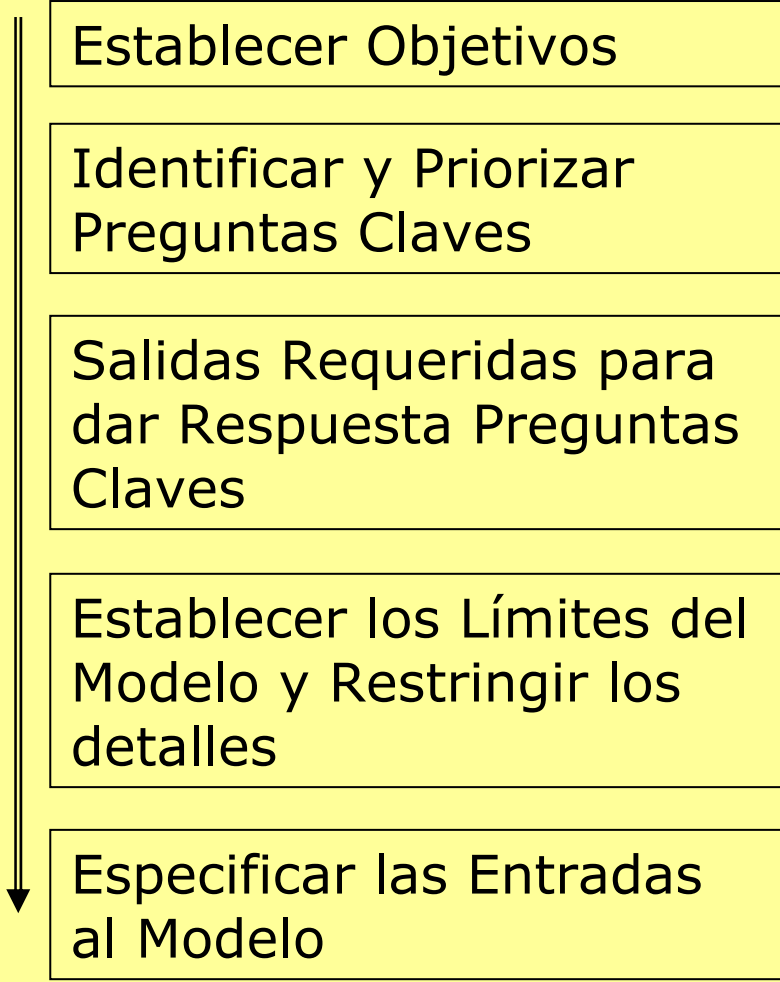
### → Situación actual de operarios

- Dos turnos de trabajo (9:00-15:00 y 16:00-24:00).
- 7 y 25 chóferes el los turnos respectivamente.
- Una telefonista por turno.
- Un asignador de pedidos a chóferes.

### → Ubicación:

- Av. Fco. Bilbao 6407, Las Condes (10 comunas de cobertura).





```
graph TD; A[Establecer Objetivos] --> B[Identificar y Priorizar Preguntas Claves]; B --> C[Salidas Requeridas para dar Respuesta Preguntas Claves]; C --> D[Establecer los Límites del Modelo y Restringir los detalles]; D --> E[Especificar las Entradas al Modelo];
```

Establecer Objetivos

Identificar y Priorizar  
Preguntas Claves

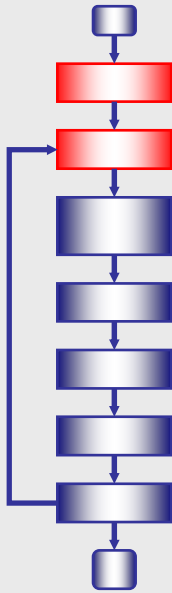
Salidas Requeridas para  
dar Respuesta Preguntas  
Claves

Establecer los Límites del  
Modelo y Restringir los  
detalles

Especificar las Entradas  
al Modelo

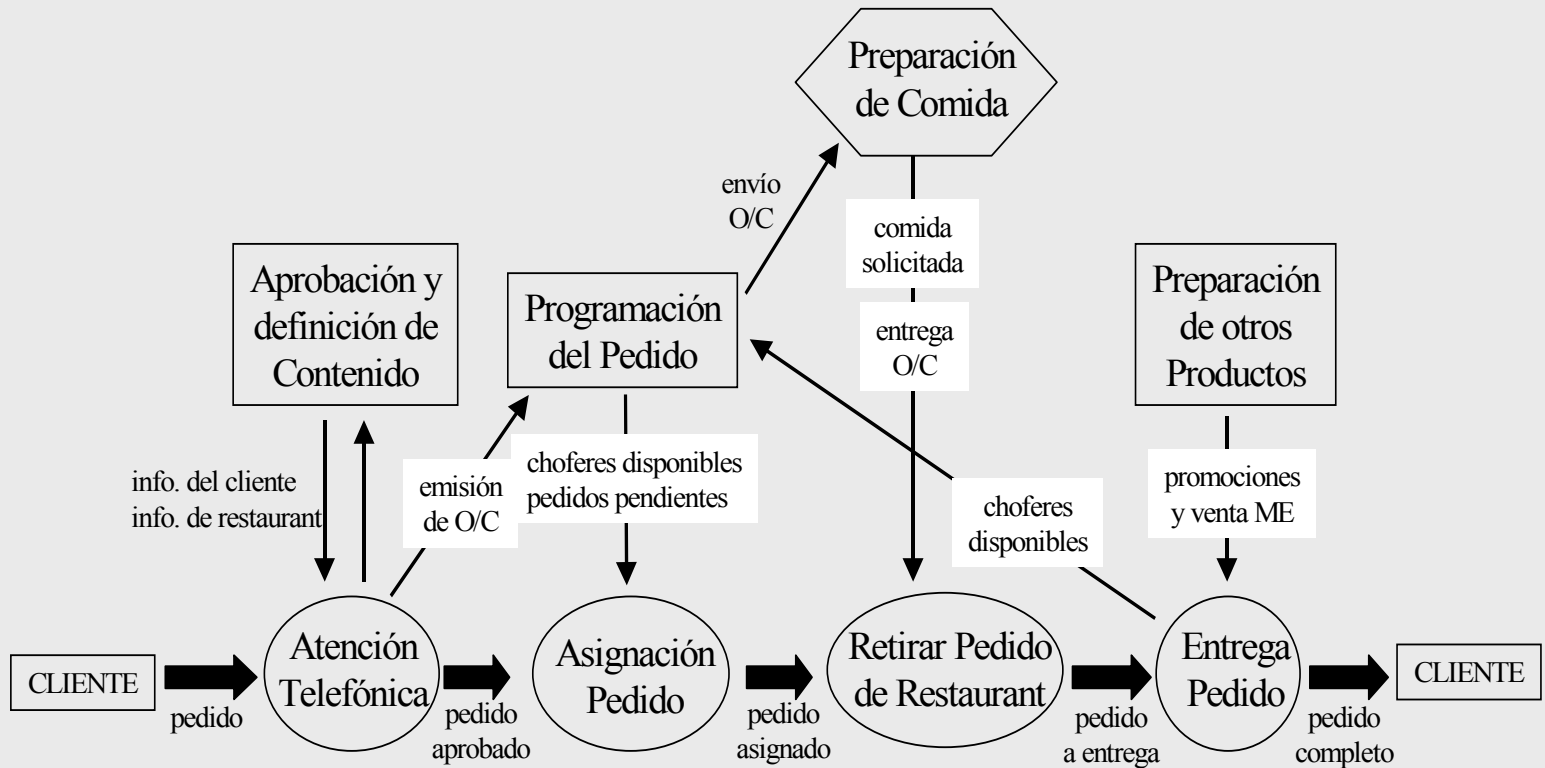
## ESTUDIO CAPACIDAD DE CICLO PEDIDO-ENTREGA

- Se necesita estudiar situación actual del sistema.
- Estimaciones sobre la utilización de los recursos de la empresa.
- Búsqueda del número “óptimo” de operarios del sistema.
- Análisis de trade-off:
  - CALIDAD SERVICIO vs COSTOS
  - CALIDAD SERVICIO vs UTILIZACIÓN
- Calidad distintiva: TIEMPO DE CICLO - 50 min.
  - Si no se cumple la orden se da gratis.



# DESCRIPCION DEL PROBLEMA (2)

## EN DETALLE...



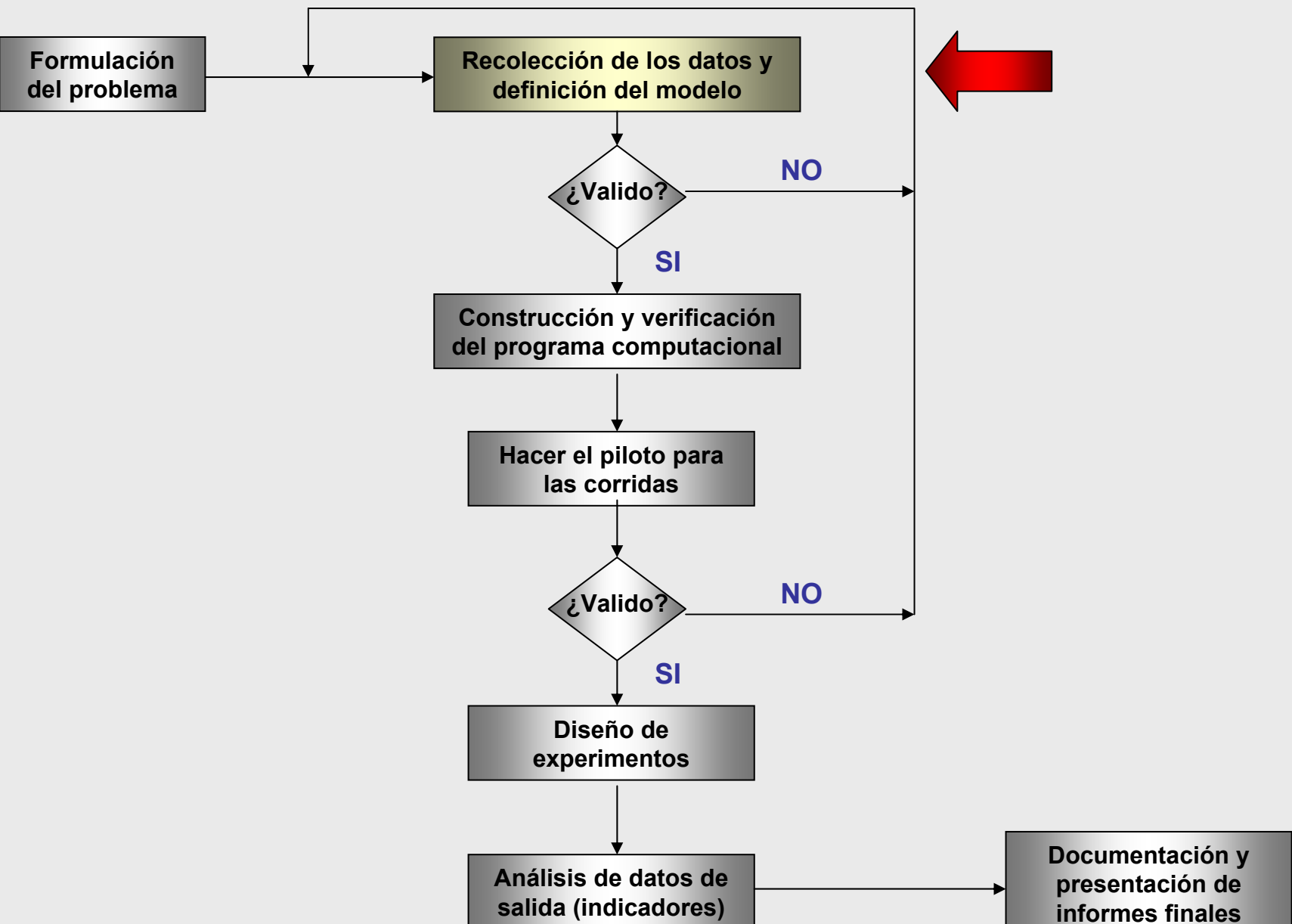
## GENERAL

- ‘Desarrollar un modelo de simulación que permita optimizar el ciclo Pedido-Entrega, realizando con esto una planificación de los recursos productivos de manera optima’

## ESPECIFICOS

- Estimar la demanda de pedidos
- Determinar distribuciones que serán de usadas como entradas a los modelos.
- Estimar las variables a usar en el estudio.
- Generar indicadores de desempeño.
- Analizar el trade-off cantidad o uso de los recursos v/s calidad de servicio.
- Proponer mejoras a la Gestión de Operaciones.

# PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



## ESTUDIO CAPACIDAD DE CICLO PEDIDO-ENTREGA

- Tiempo de llegada de los pedidos
  - Identificación de la demanda del servicio.
- Ubicación geográfica de los clientes
  - Identificación de zonas geográficas de demanda (ALTAS-MEDIAS-BAJAS)
- Ubicación geográfica de los restaurantes pedidos por los clientes
  - Identificación geográfica de la demanda por restaurantes.
- Tiempo de atención telefónica
  - Depende del tipo de cliente: NUEVO-ANTIGUO.
- Tiempo de asignación de chóferes
  - Se asigna pedido a chofer dependiendo de disponibilidad y ubicación de los chóferes.

## ESTUDIO CAPACIDAD DE CICLO PEDIDO-ENTREGA

- Tiempo de preparación de los pedidos por los restaurantes
  - Exógeno a la empresa.
  - Depende del tipo de comida preparada por cada restaurante.
  - Incidencia directa con el tiempo de ciclo.
- Tiempo de viaje del chofer hasta el restaurante
  - Desde la asignación del pedido hasta la llegada al restaurante por parte del chofer.
- Tiempo de viaje desde el restaurante hasta el cliente
  - Desde la salida del restaurante hasta la entrega del producto al cliente.



## FUENTES DE INFORMACION

- Ordenes de compra o pedidos.
- Se analizaron 179 O/C.
  - Número de la O/C
  - Hora de Emisión
  - Hora de Entrega (estimada por ME)
- Referencia del Mapa (cuadrante asociado al cliente)
- Restaurante del pedido
- Experiencia de los operadores:
  - Tiempo de atención telefónica para clientes nuevos y antiguos.
  - Tiempo que tarda el restaurante en elaborar el pedido.
  - Tiempo que tarda el chofer en entregar el pedido al cliente.



## SISTEMA GEOGRÁFICO UTILIZADO

### Cuadrantes Menú Express

5	6	7
13	14	15
21	22	23
29	30	31

### Sub-cuadrantes considerados

	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Cuadrantes  
Agregados

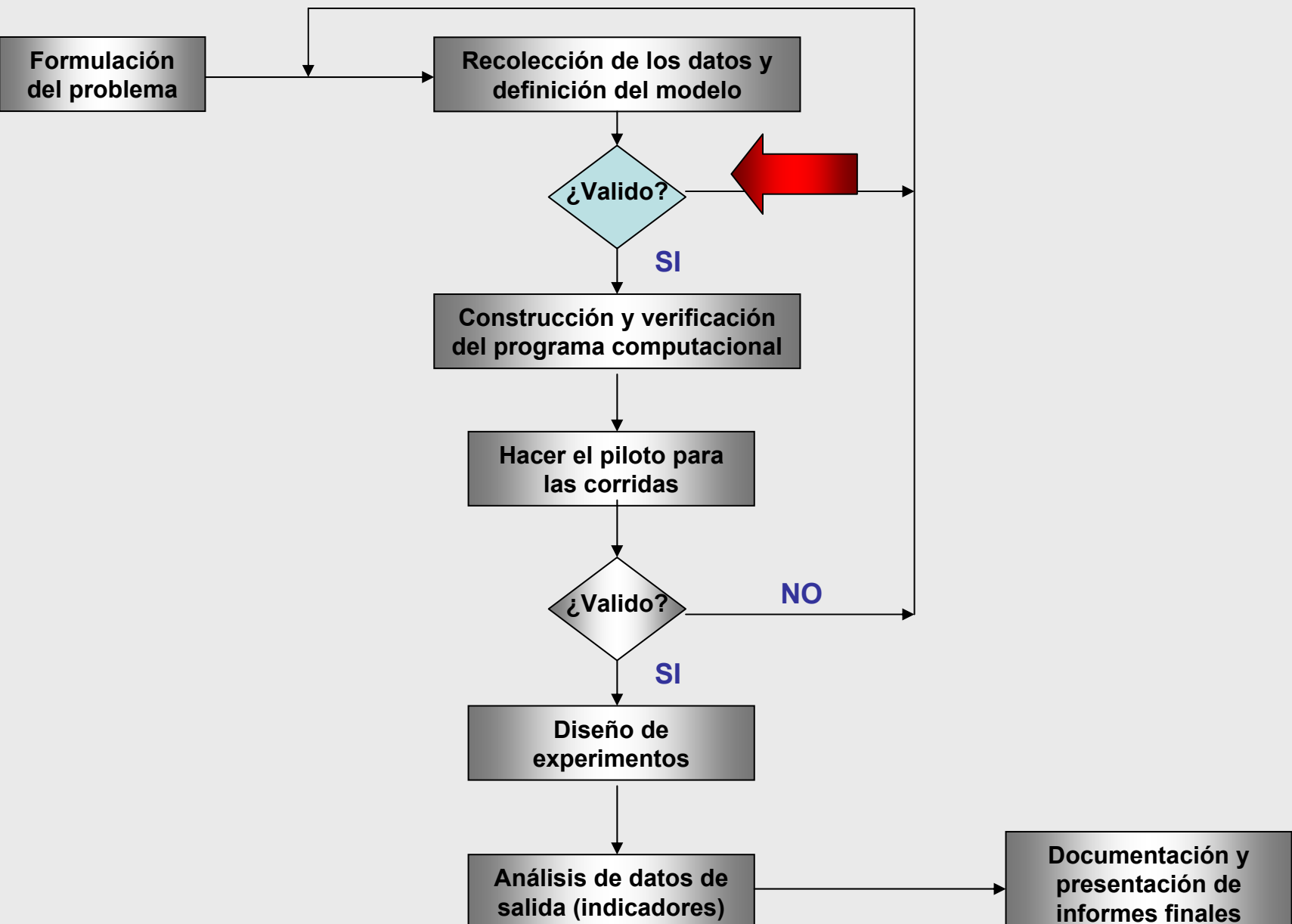
- Sólo estimaciones de los tiempos de viaje.
- Difícil de medir.
- Información geográfica en orden de compra.

### Estimación del tiempo de viaje:

$$TV_{Ch-R} = \frac{D_{Ch-R}}{V}$$

$$TV_{R-Cl} = \frac{D_{R-Cl}}{V}$$

# PASOS DE UN ESTUDIO DE SIMULACION



# ¿A QUÉ DISTRIBUCIÓN SE ASEMEJA?

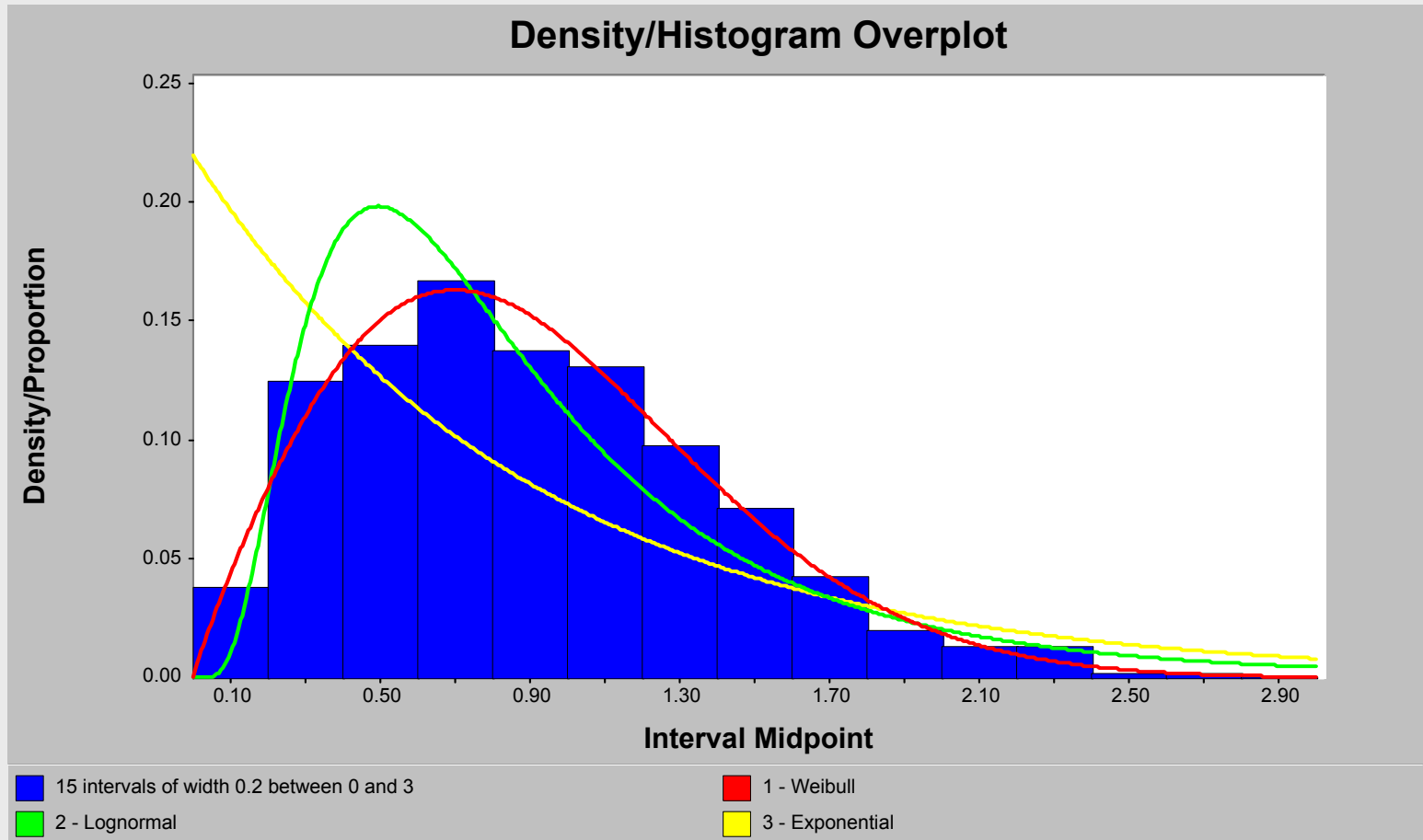
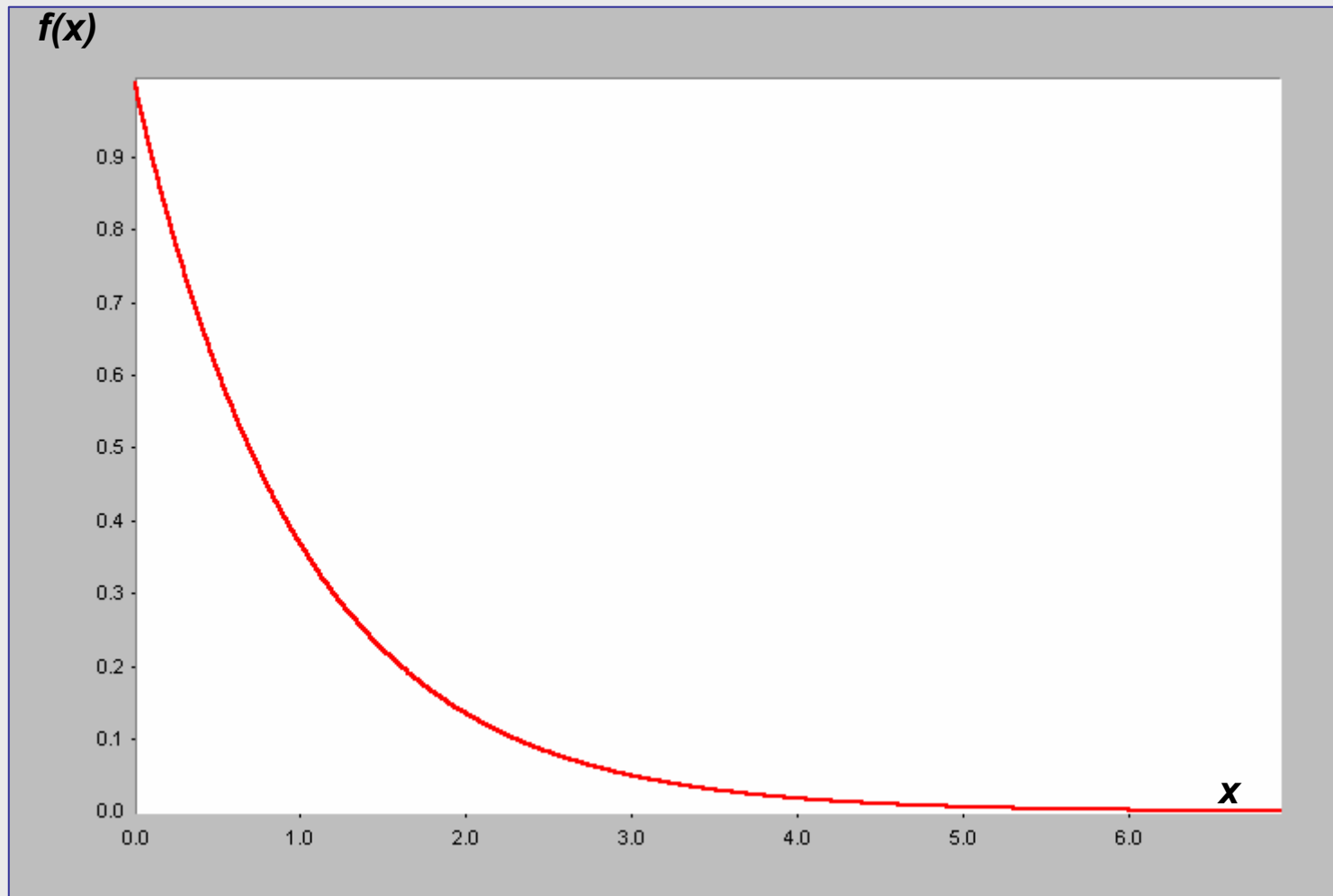


Figura 2. Histograma de densidad para datos de tiempos de servicio.

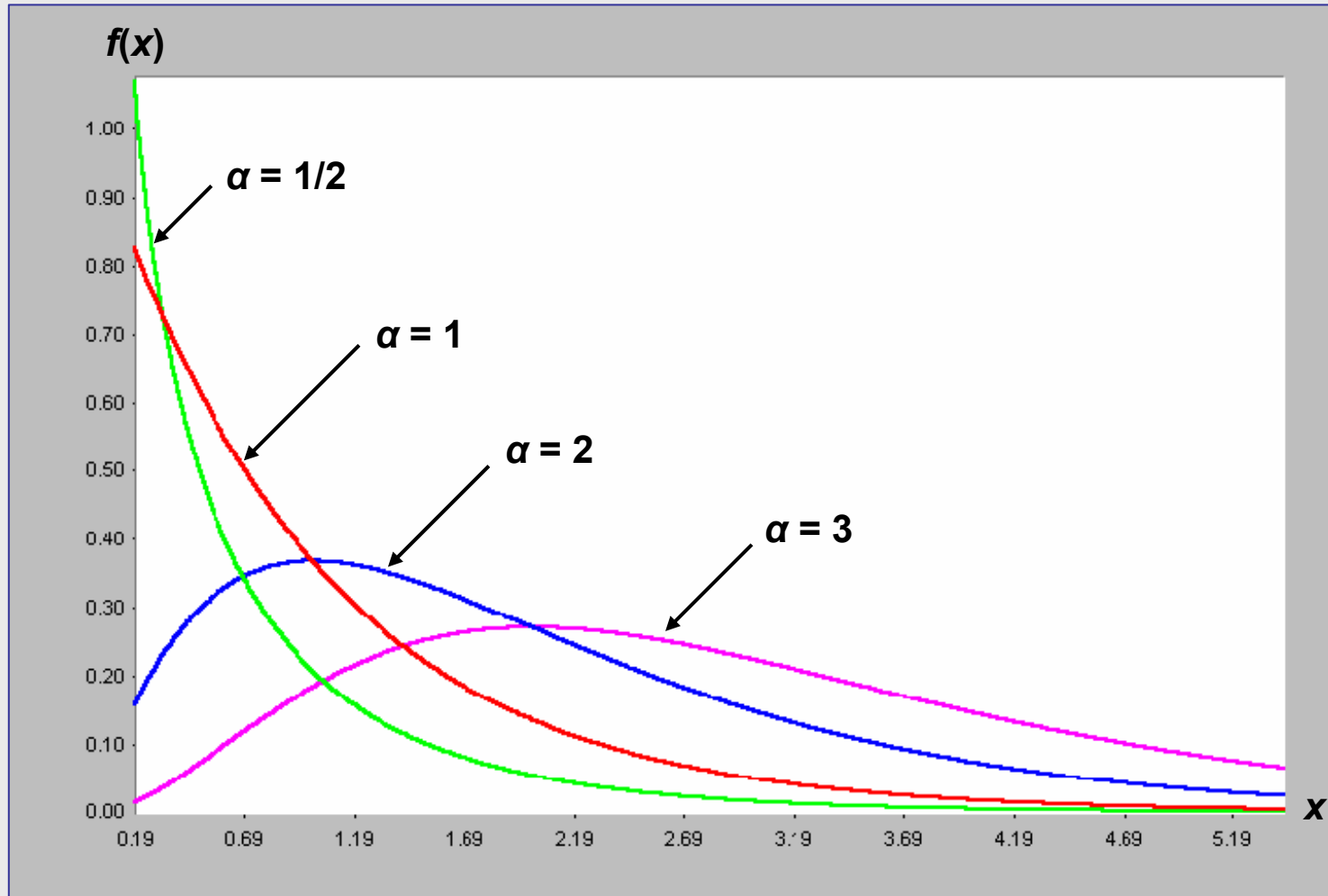
## GENERACIÓN DE VARIABLES ALEATORIAS

- Generadores de números aleatorios
  - Cuadrados medios
  - Fibonacci.
- Distribuciones clásicas
  - Exponencial
  - Normal
  - Weibull
- Histogramas de pedidos en función del tiempo.
  - Determinación de peaks de demanda
  - Verificación de programación de turnos.
- Ajuste de distribuciones: VARIABLES MEDIDAS
  - Test Chi-cuadrado
  - Test de Kolmogorov-Smirnov

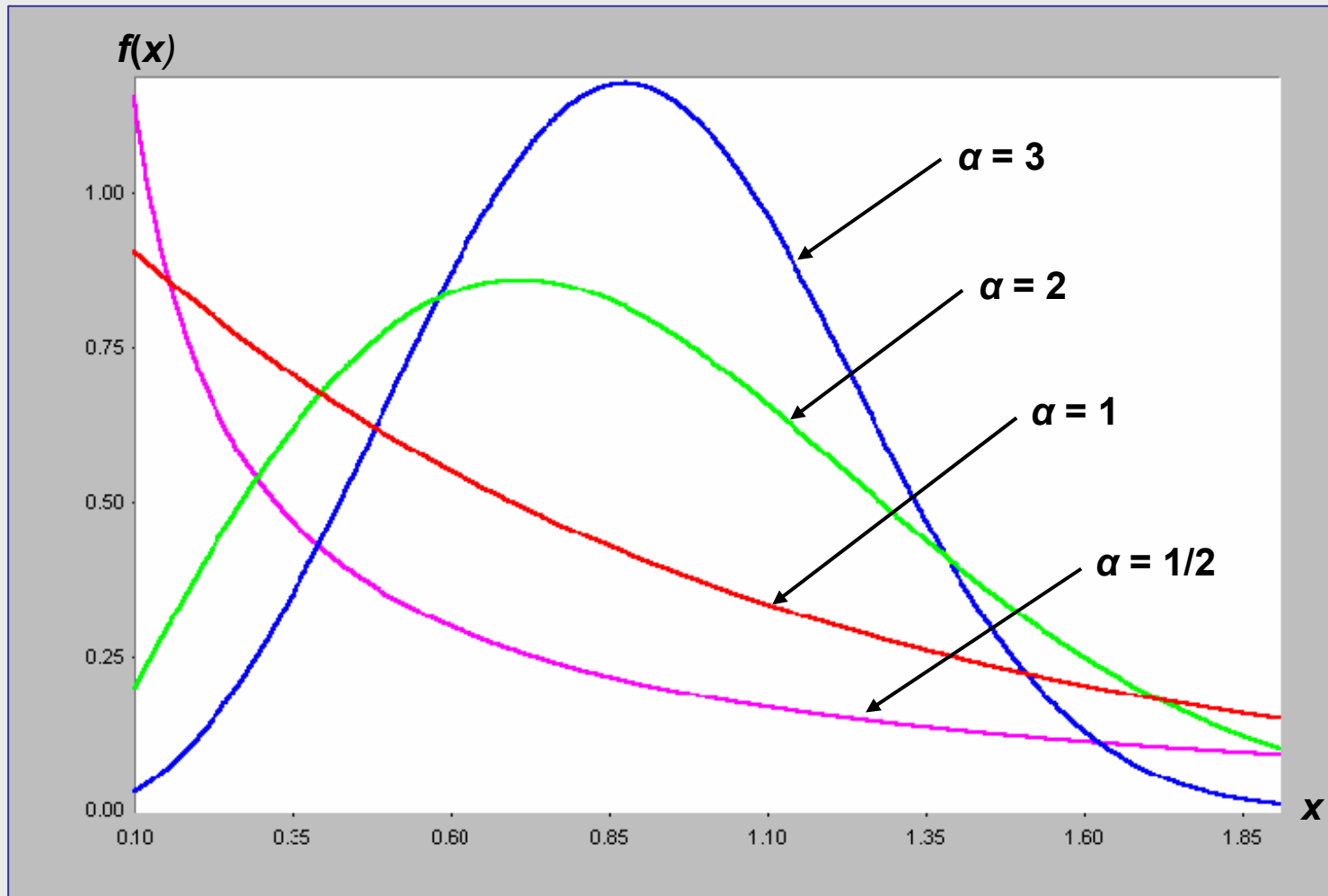
# EXPONENCIAL - expo( $\beta$ )



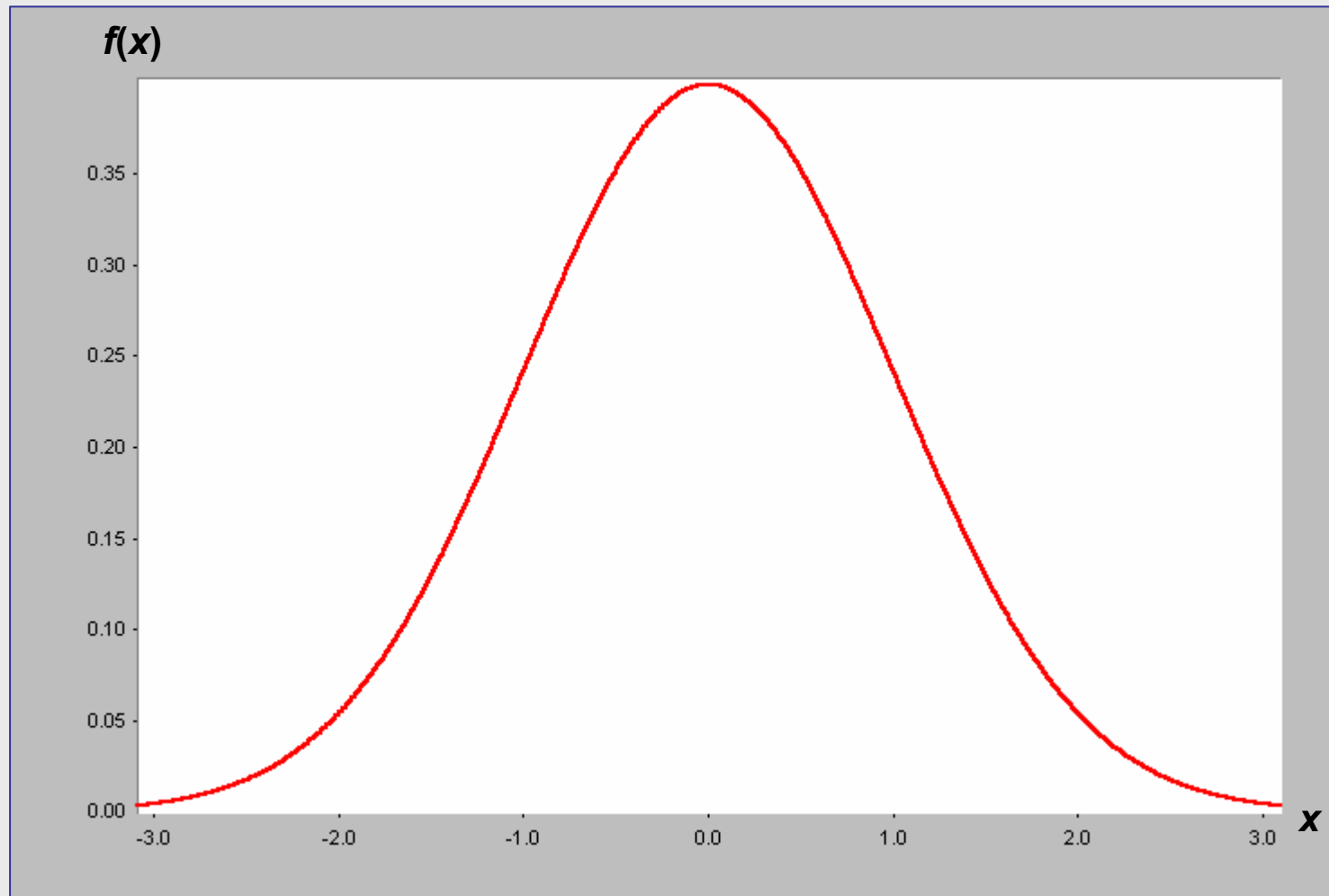
# GAMMA - gamma( $\alpha$ , $\beta$ )



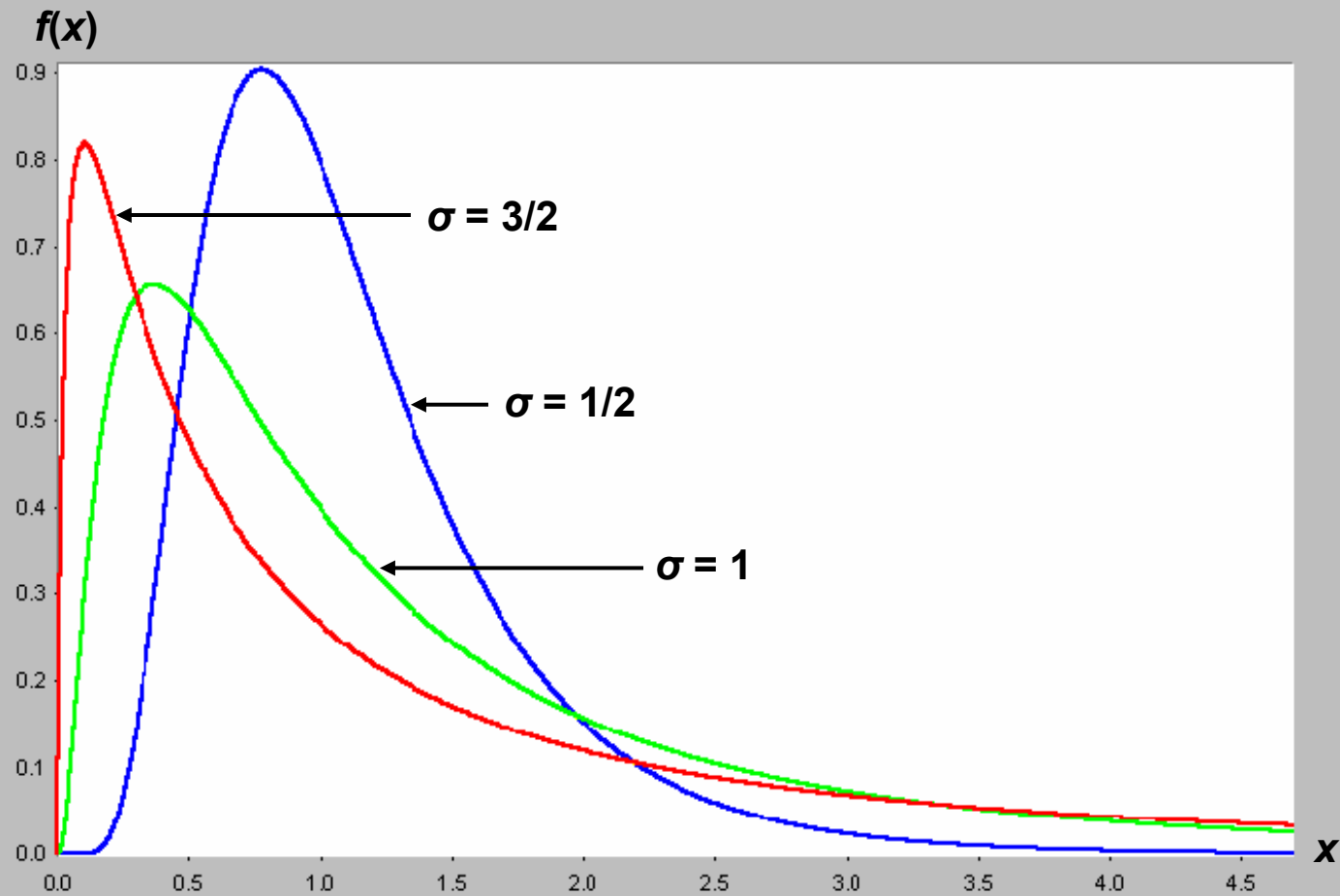
# WEIBULL - Weibull( $\alpha$ , $\beta$ )



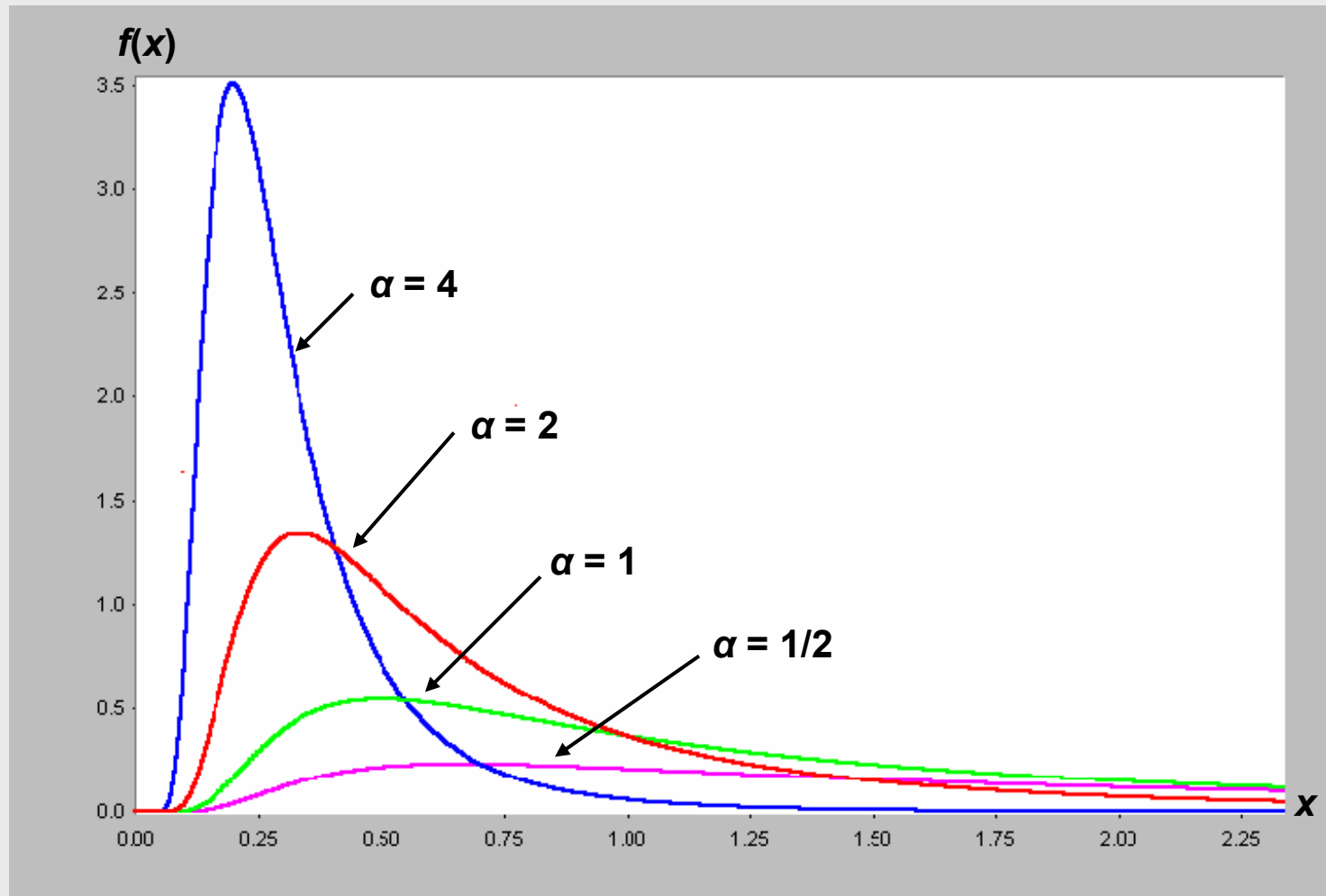
# NORMAL - $N(\mu, \sigma^2)$



# LOGNORMAL - LN( $\mu$ , $\sigma^2$ )

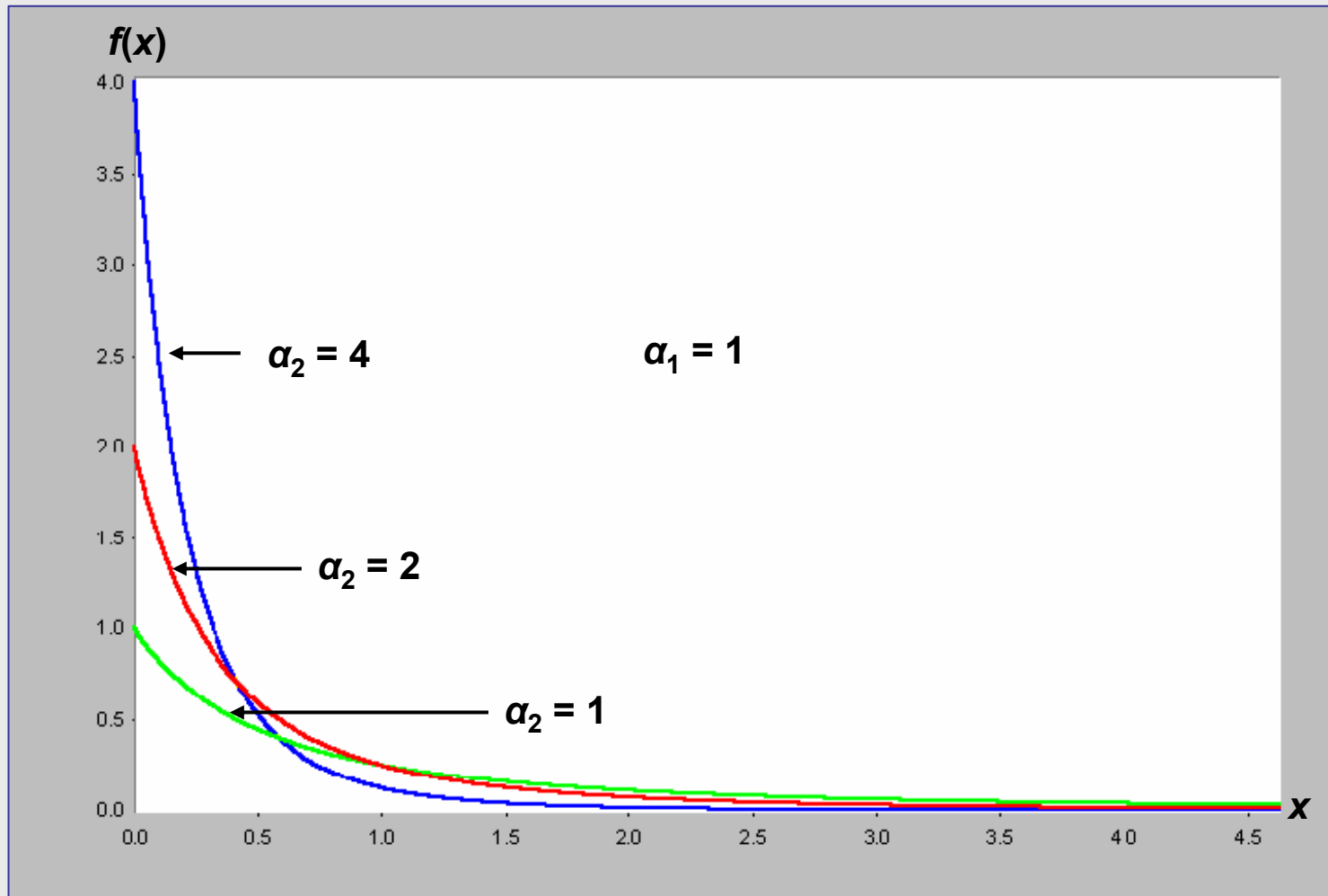


# TIPO PEARSON V - PT5( $\alpha$ , $\beta$ )

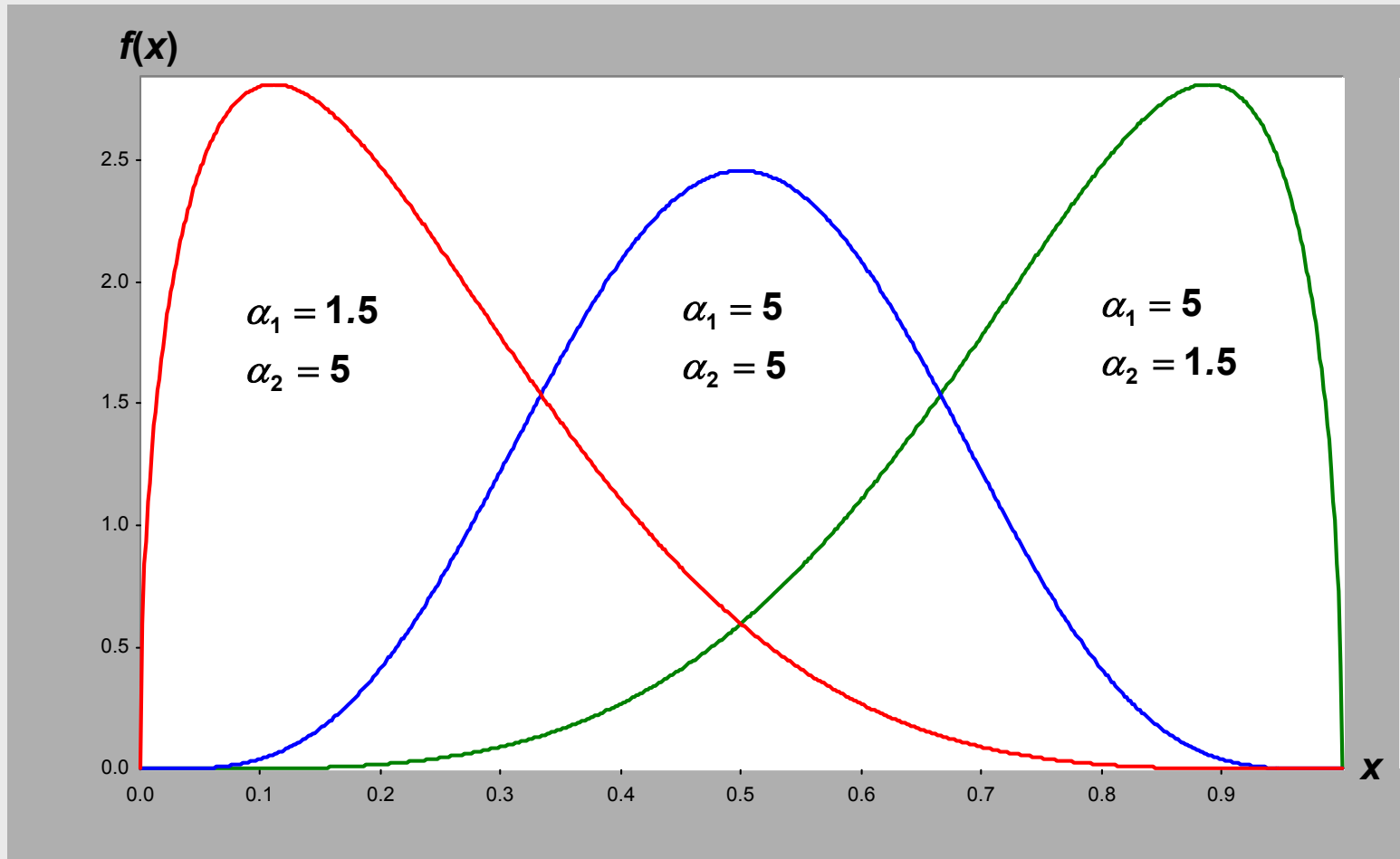


PT5( $\alpha$ , 1) funciones de densidad

# TIPO PEARSON VI - PT6( $\alpha_1, \alpha_2, \beta$ )



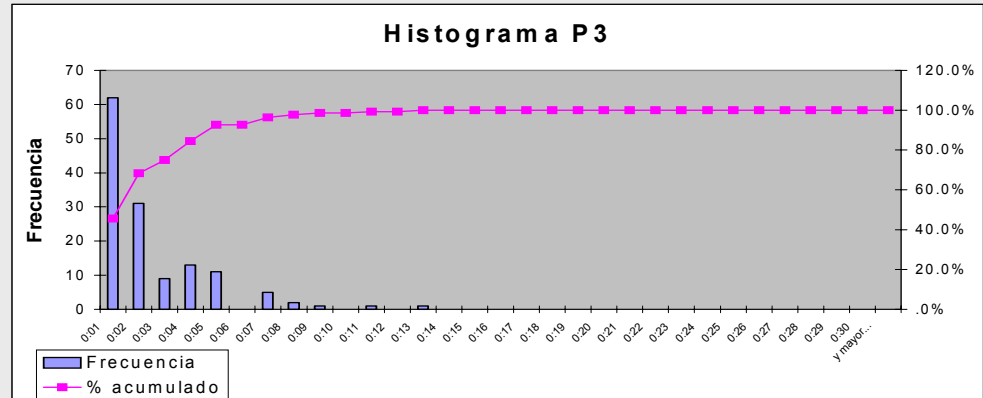
# BETA - $\text{beta}(\alpha_1, \alpha_2, a, b)$



$\text{beta}(\alpha_1, \alpha_2, 0, 1)$  funciones de densidad

# AJUSTE DE DISTRIBUCIONES: CASO PRACTICO

CLASES	Frecuencia	% acumulado
0:01	62	45.59%
0:02	31	68.38%
0:03	9	75.00%
0:04	13	84.56%
0:05	11	92.65%
0:06	0	92.65%
0:07	5	96.32%
0:08	2	97.79%
0:09	1	98.53%
0:10	0	98.53%
0:11	1	99.26%
0:12	0	99.26%
0:13	1	100.00%
0:14	0	100.00%
0:15	0	100.00%
0:16	0	100.00%
0:17	0	100.00%
0:18	0	100.00%
0:19	0	100.00%
0:20	0	100.00%
0:21	0	100.00%
0:22	0	100.00%
0:23	0	100.00%
0:24	0	100.00%
0:25	0	100.00%
0:26	0	100.00%
0:27	0	100.00%
0:28	0	100.00%
0:29	0	100.00%
0:30	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%



**Hipótesis Ho: Distribución Exponencial con media 1,95 (minutos)**

TEST DE AJUSTE DE DISTRIBUCION		
TEST	VALOR ESTADISTICO	VALOR CRITICO (95%)
Chi-cuadrado	25,30	124,34
K_S	1,05	1,09

**VALOR ESTADISTICO < VALOR CRITICO**



**SE ACEPTA LA HIPÓTESIS Ho**

# AJUSTE DE DISTRIBUCIONES: CASO PRACTICO (2)

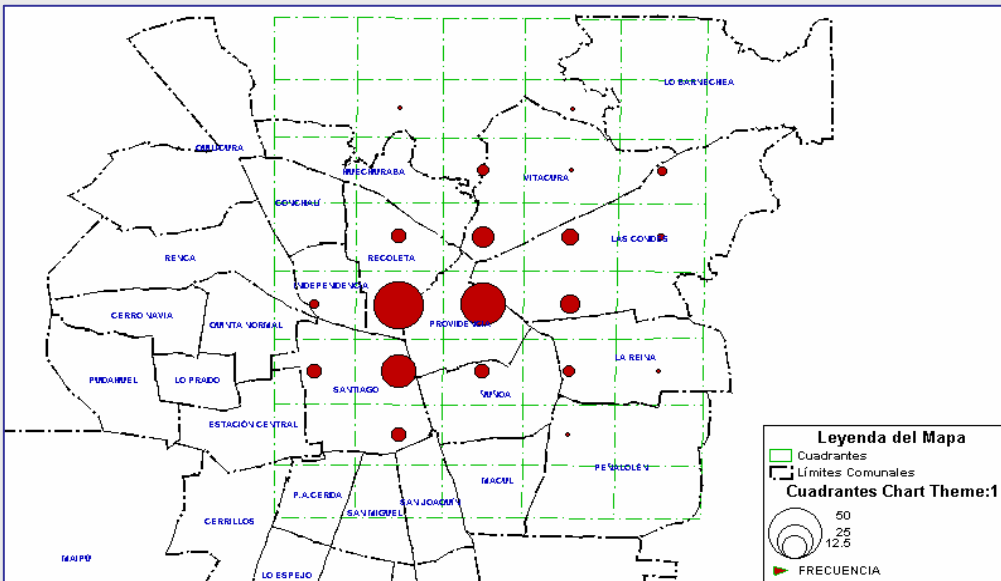
## DISTRIBUCIONES EMPÍRICAS

### Distribución Geográfica Clientes

$$P_{Ubicación-Cliente} = \frac{PedidosCuadrante}{PedidosTotales}$$

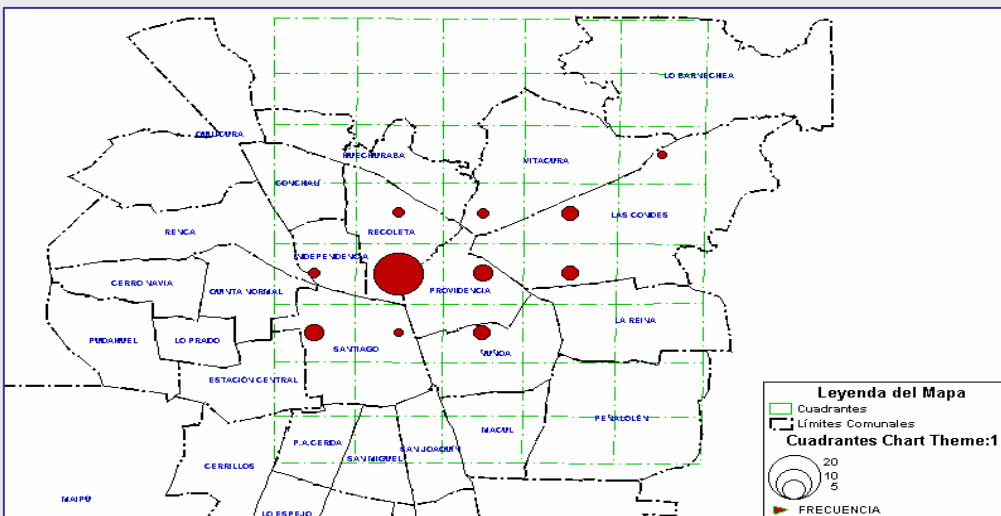
cuadrantes con cero pedido:

$$P = 1/10.000$$



### Distribución Geográfica Restaurantes

$$P_{restaurante} = \frac{PedidosRestaurante}{PedidosTotales}$$



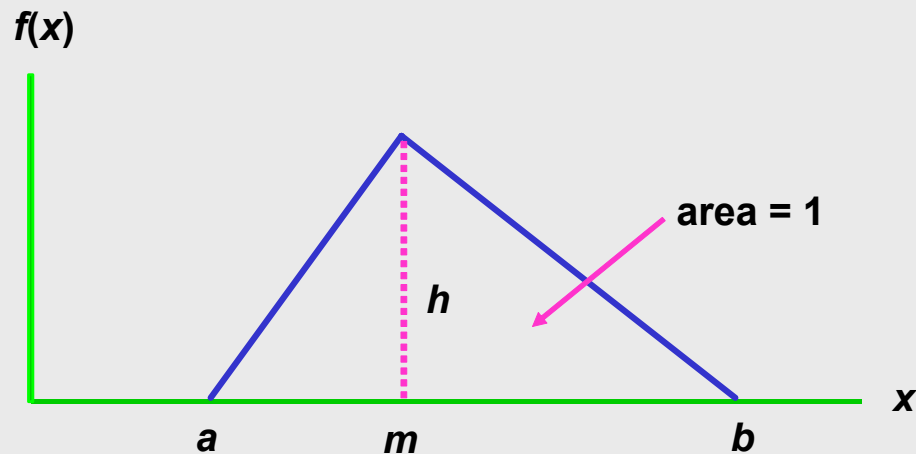
# ELIGIENDO UNA DISTRIBUCIÓN EN LA AUSENCIA DE DATOS

Asuma que la variable aleatoria  $X$  es continua y asigne un tiempo para la tarea.  
Consulte con un experto en la materia para las siguientes estimaciones subjetivas:

$a$  = tiempo mínimo de tarea

$b$  = tiempo máximo de tarea

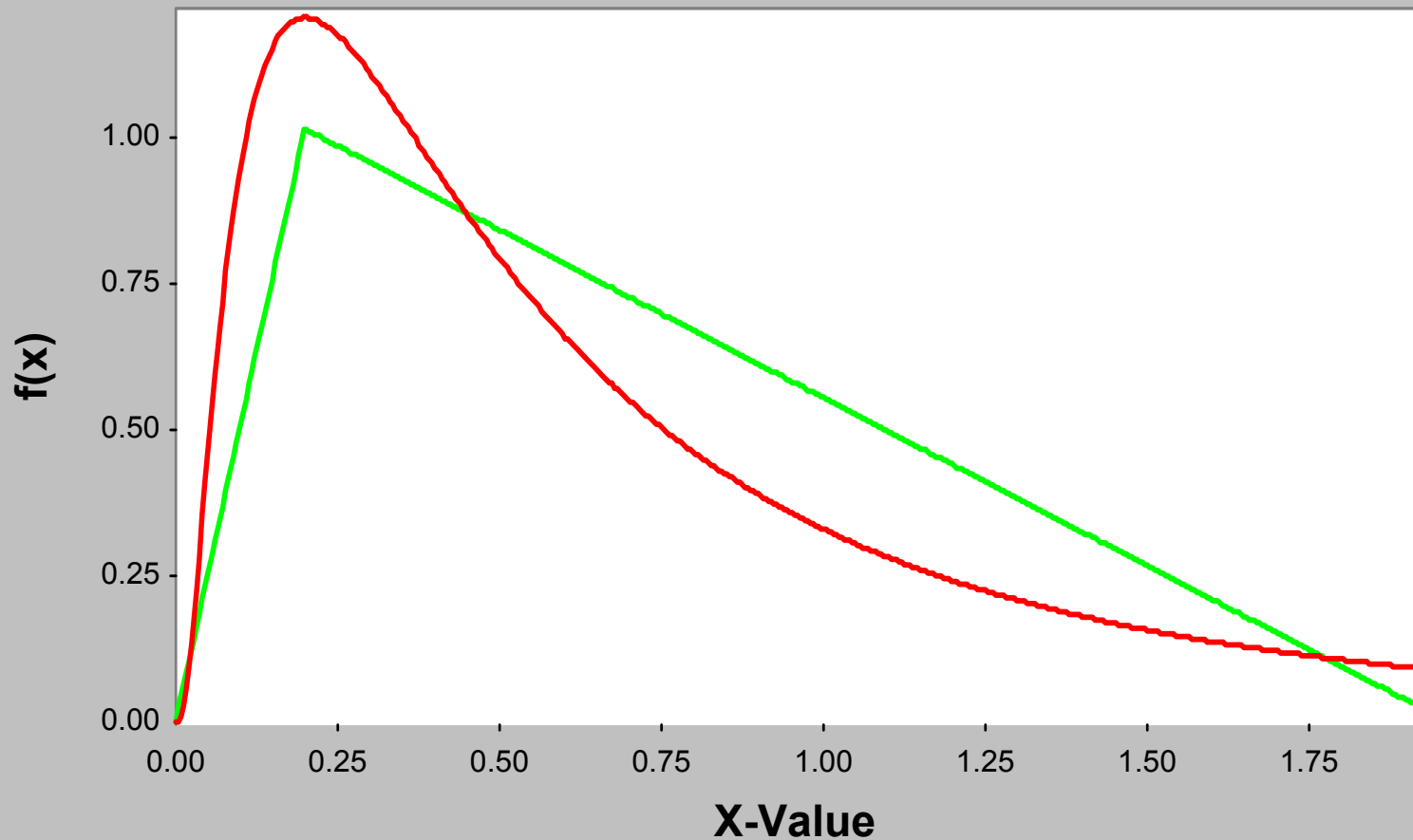
$m$  = tiempo probable de tarea (modo)



## DISTRIBUCIONES TRIANGULARES

TIEMPOS			
	Tiempo Mínimo	Tiempo Máximo	Tiempo Más Probable
TATelefN	5	15	11
TATelefV	1	12	5
TAPedidoCH	1	15	6
TRestRapido	10	15	12
TRestMedio	15	20	18
TRestLento	18	30	25
TChRest	3	5	4

## Density Function Plot



1 - Lognormal

2 - Triangular



# ETAPAS DE UN PROYECTO DE SIMULACIÓN

---

ESTUDIO DE SISTEMAS DINÁMICOS

**JAIME MIRANDA**

Departamento de Ingeniería Industrial  
Universidad de Chile