

# Modelo dinámico de predicción y ajuste de los precios de las habitaciones de hoteles

Trabajo de Fin de Master

Autor: Andrés Herranz González  
Tutores: Alfonso Mateos Caballero  
Antonio Jiménez Martínez

# Esquema de la presentación



Introducción



Objetivos del proyecto



Estado del arte



Metodología propuesta



Sistema



Prototipo



Conclusiones y trabajo futuro

# 1. Introducción

---

# Introducción

Proyecto financiado por  
*Centro Tecnológico Mixto*  
*Al.nnovation Space* (UPM -  
Accenture)



## Descripción del problema

- *Revenue Management (RM)*
- Aplicación en el sector hotelero
- Stock limitado
- Segmentación de clientes
- Horizonte de análisis
- Competencia



## La gestión de beneficios...

*“es determinante y crítica para la rentabilidad,  
... las decisiones sobre los precios suelen estar  
mal administradas (o incluso no gestionadas)”.*

*Phillips, R. L. (2005). Pricing and revenue optimization. Stanford: Stanford University Press.*

## 2. Objetivos del proyecto

# Objetivos



Generación de un *Revenue Management System* (RMS)



Recomendador dinámico de precios óptimos



Reacción ante eventos



Definición de un entorno



Modelo de decisión basado en el conocimiento experto



Análisis de Riesgo Adversario (metodología evolutiva)



# 3. Estado del arte

---

# Estado del arte



Técnicas de *revenue management* para industria de las aerolíneas

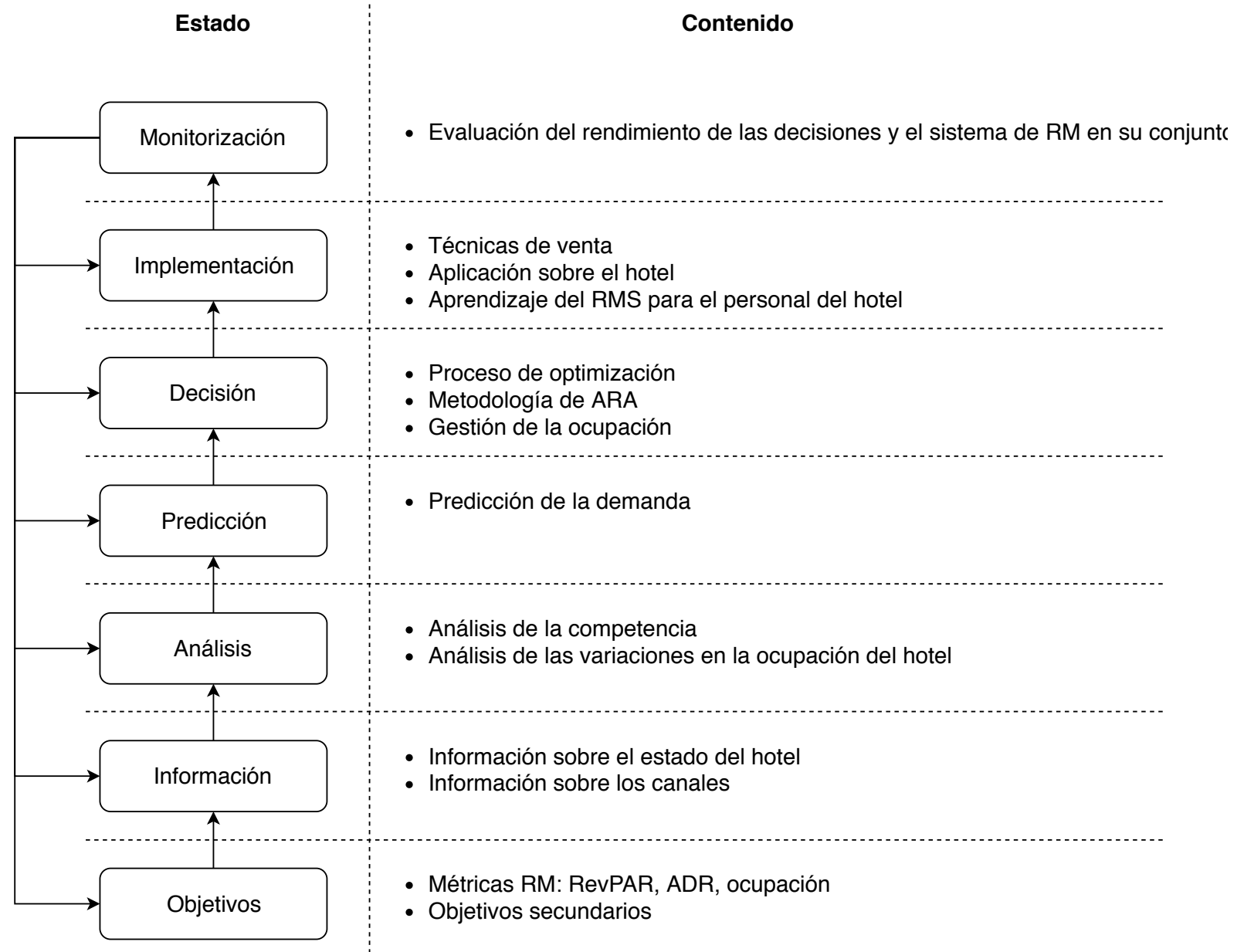


RMS comerciales (*IDeaS, JDA*)



Programación dinámica  
(procesos de Markov)

# Proceso de RM a desarrollar



# 4. Metodología

---

Modelo ARA



```
graph TD; A[Modelo ARA] --> B[Modelo estimador de demanda]; B --> C[Modelo de regresión]; C --> D[Modelo basado en la ocupación]; D --> E[Sistema de optimización];
```

The diagram illustrates a five-step process of methodological evolution. It consists of five dark blue rectangular boxes with rounded corners, arranged in a descending staircase pattern from top-left to bottom-right. Each box contains white text. Small, light gray downward-pointing arrows are positioned between the boxes, indicating a sequential flow from one step to the next.

Modelo estimador de demanda

Modelo de regresión

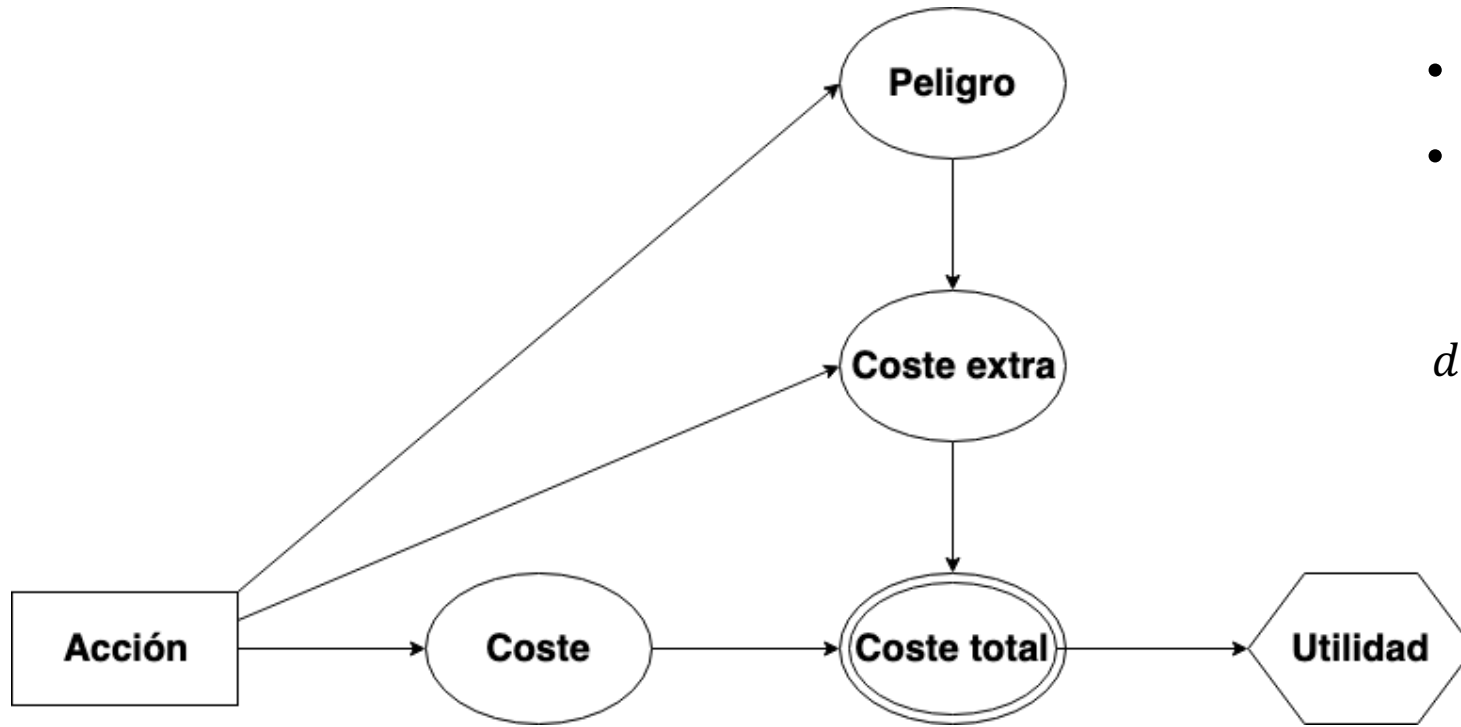
Modelo basado en la ocupación

Sistema de optimización

Evolución de la metodología



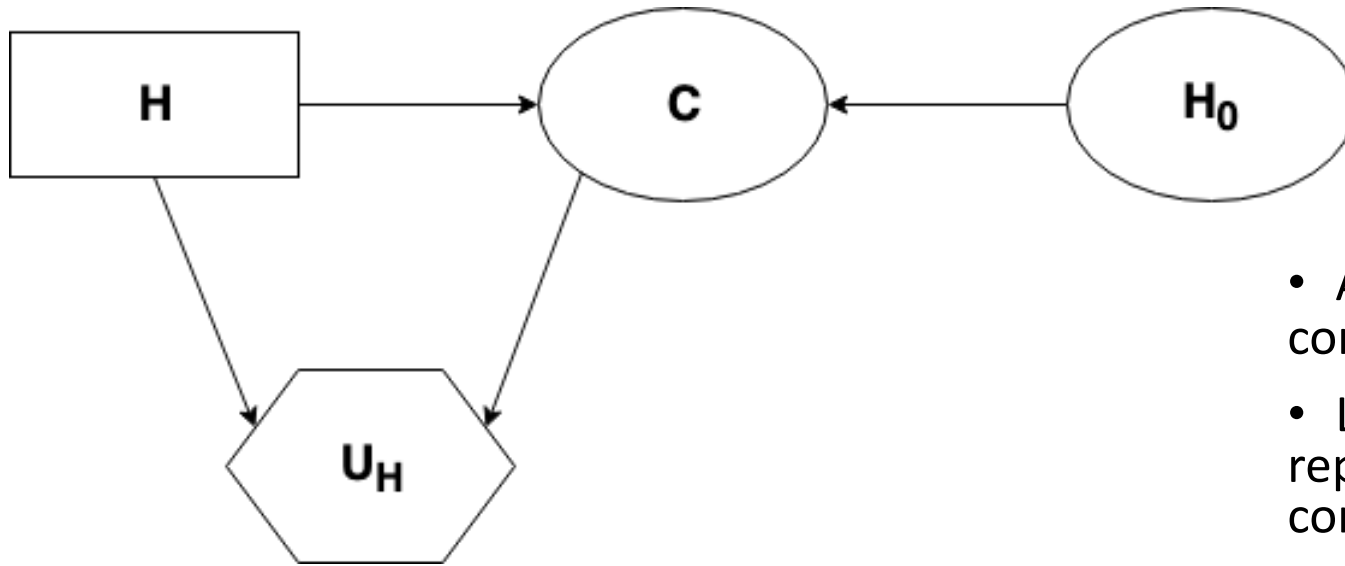
Modelo *ARA*



- Apollo va a hacer un ataque  $a$
- Daphne debe elegir su defensa  $d$

$$d^* = \arg \max_d \sum_a \left[ \int u_D(d, a, \omega) p_D(\omega|d, a) d\omega \right] p_D(a)$$

Modelo ARA: Problema de  
Daphne y Apollo



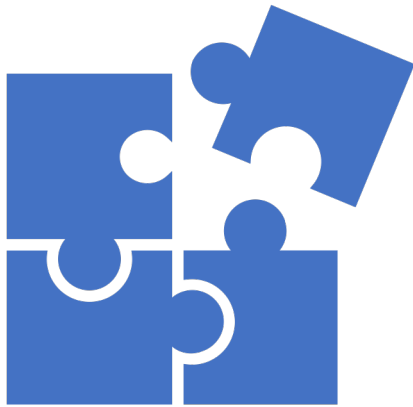
- Ajuste para nuestro hotel y la competencia
- Los hoteles competencia representados como una competencia única agregada

$$d^* = \arg \max_{p \in H} \sum_{\vec{p}_0 \in H_0} \left[ \sum_{c \in \{0,1\}} u_H(p, c) p_H(C = c | p, \vec{p}_0) \right] \pi_H(H_0 = \vec{p}_0)$$

Modelo ARA: adaptación a la industria hotelera



# Modelo estimador de demanda



- Estimación de la demanda para cada día  $I$  dentro del horizonte de estudio
- División de la demanda para cada día  $I$  entre los días comprenden el *lead-time*
  - $D_i = \sum_{i=0}^I d_{I,i}$
- Fuentes de información
  - El tiempo
  - Eventos
  - Datos de aerolíneas
- Segmentación de la demanda entre los periodos del día



Estimación de la probabilidad de que los clientes elijan nuestro hotel dada una configuración de precios



Se ha seleccionado un modelo de regresión lineal



El histórico sirve para el entrenamiento



Importancia de tener una buena base de datos que crezca con el tiempo



Métrica para la evaluación  $R^2$

# Modelo de regresión

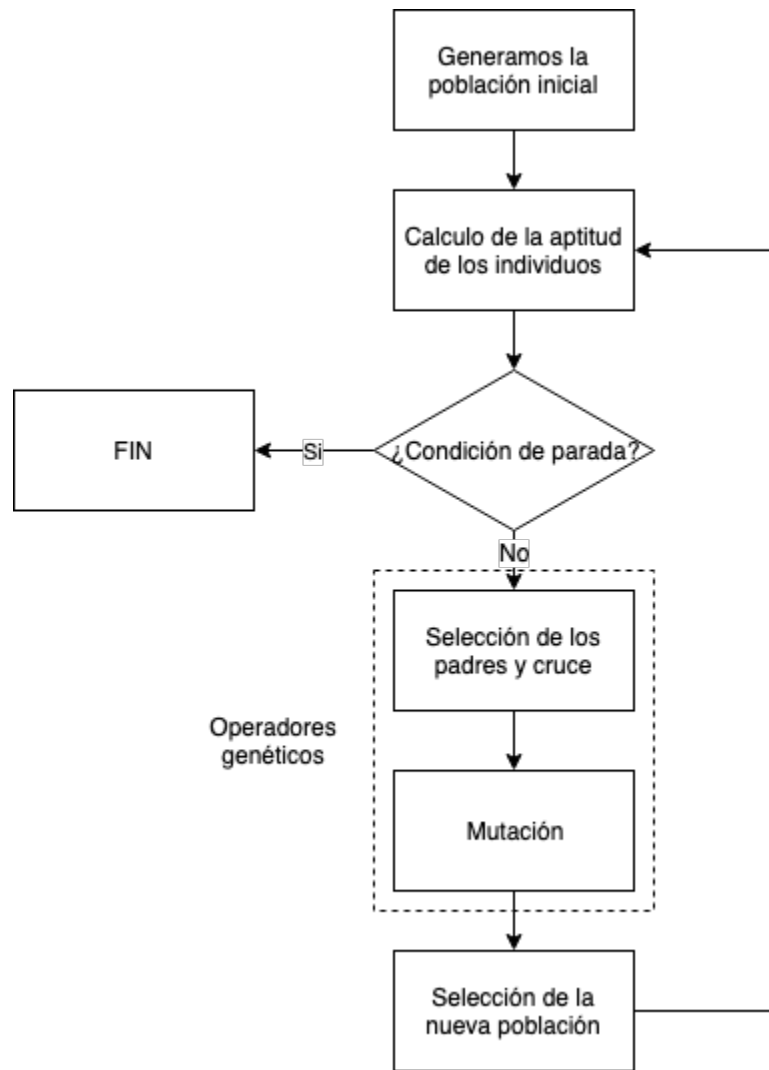
# Modelo basado en la ocupación

- Según la fórmula de la elasticidad
  - $o = o_{nominal} \left( \frac{p}{p_{nominal}} \right)^e$
- Distribución de la ocupación entre los días restantes hasta el día de reserva
- El beneficio máximo se calcula como:
  - $\arg \max_d \sum_{i=0}^I U(p_{I,i}) \times o(p_{I,i})$

# Modelo basado en la ocupación: expresión

- Obtención del conjunto óptimo de precios  $\vec{P}_I$

$$\begin{aligned} & \arg \max_{\vec{p}_I} \sum_{i=0}^I \left( \sum_{\vec{p}_0 \in H_0} \left( \sum_{c \in \{0,1\}} u_H(p_{I,i}, c) p_H(C = c | p_{I,i}, \vec{p}_0) \right) \pi_H(H_0 = \vec{p}_0) \right) \frac{D_{I,i}}{N+1} \left( \frac{p_{I,i}}{p_{nom}} \right) \\ & s. a \quad p_{I,i} \in H \quad \forall p_{I,i} \in \vec{p}_I \\ & \quad \sum_{i=0}^I O(p_{I,i}) \leq C_I \end{aligned}$$



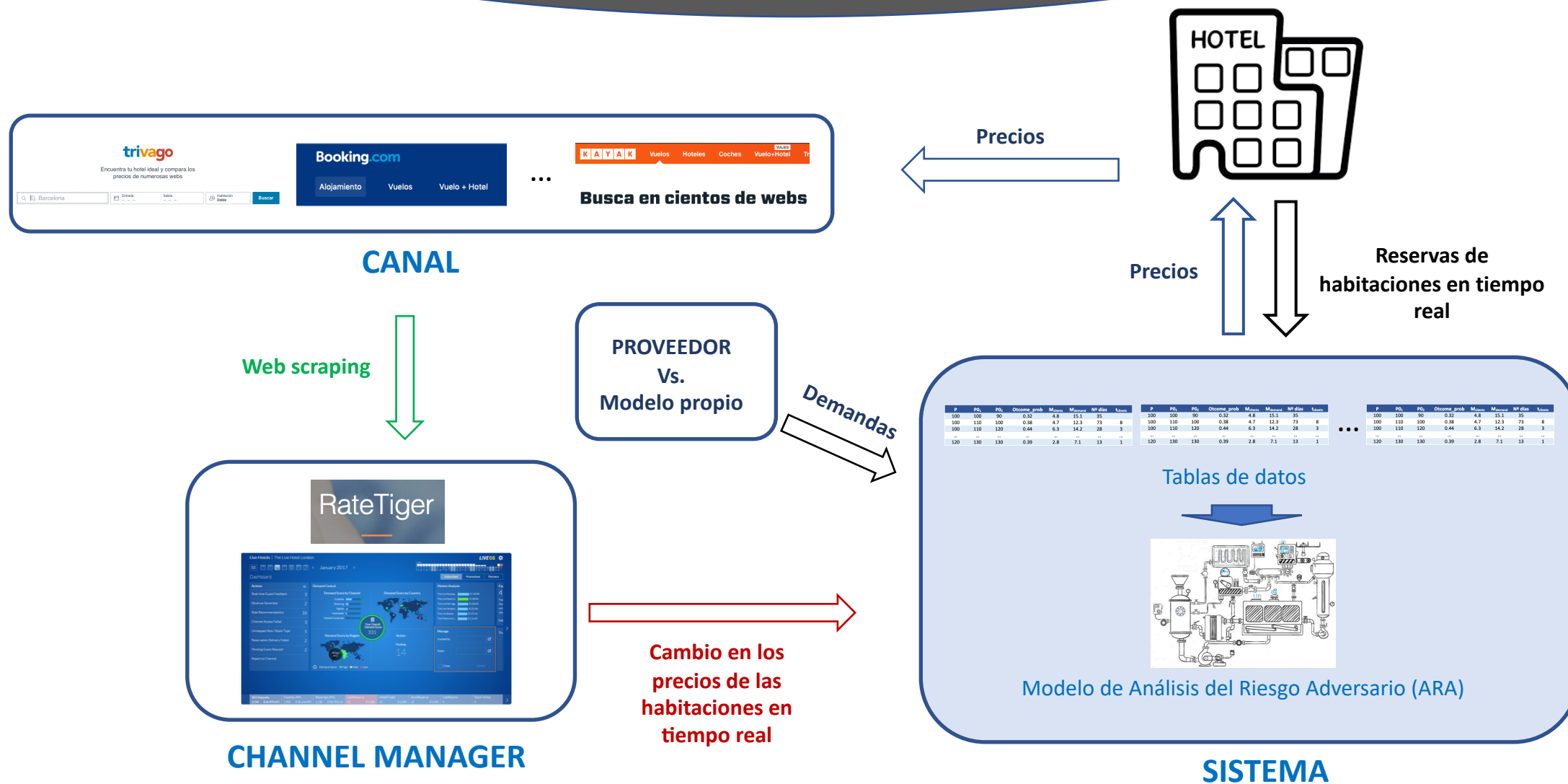
- Optimización de la ecuación (un solo objetivo)
- Difícil dado que el conjunto de precios aparece varias veces
- Planteamiento de resolución mediante metaheurísticas

# Optimización de la ecuación

# 5. Sistema

---

# Sistema: esquema general



# Sistema: las tablas

Nº medio de clientes por día que reservan nuestra habitación

Demanda media diaria

| P   | P0 <sub>1</sub> | P0 <sub>2</sub> | Otcome_prob | M <sub>clients</sub> | M <sub>demand</sub> | Nº días | t <sub>clients</sub> |
|-----|-----------------|-----------------|-------------|----------------------|---------------------|---------|----------------------|
| 100 | 100             | 90              | 0.32        | 4.8                  | 15.1                | 35      |                      |
| 100 | 110             | 100             | 0.38        | 4.7                  | 12.3                | 73      | 8                    |
| 100 | 110             | 120             | 0.44        | 6.3                  | 14.2                | 28      | 3                    |
| 120 | 110             | 130             | 0.31        | 3.7                  | 11.9                | 12      |                      |
| 120 | 130             | 130             | 0.39        | 2.8                  | 7.1                 | 13      | 1                    |

Probabilidad de que un cliente se venga conmigo con esta combinación de precios

Nº de clientes que han hecho reserva en nuestro hotel con esta combinación de precios en el día actual

**Combinación de precios**

P: Mi precio

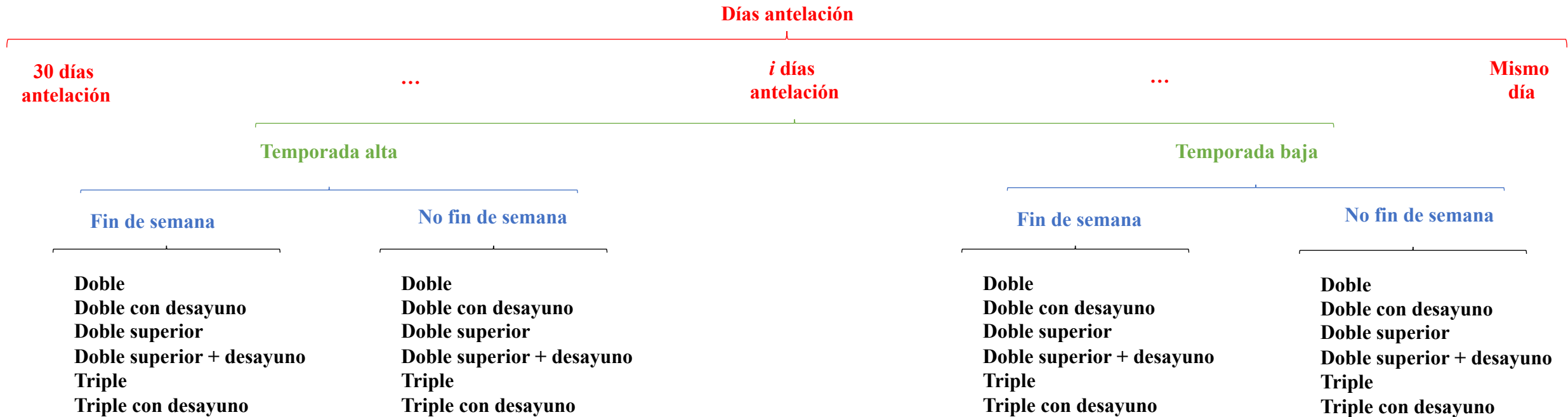
P0<sub>1</sub>: Precio del primer hotel competidor

P0<sub>2</sub>: Precio del primer hotel competidor

Nº de días que se ha puesto esta combinación de precios



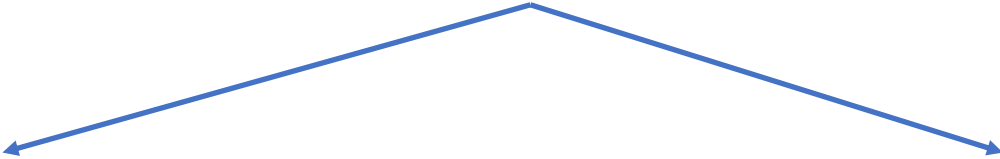
# Sistema: división de las tablas



$$30 \times 2 \times 2 \times 6 = 720 \text{ tablas}$$

# Sistema: tablas auxiliares

| P   | P0 <sub>1</sub> | P0 <sub>2</sub> | Otcome_prob | M <sub>clients</sub> | M <sub>demand</sub> | Nº días | t <sub>clients</sub> |
|-----|-----------------|-----------------|-------------|----------------------|---------------------|---------|----------------------|
| 100 | 100             | 90              | 0.32        | 4.8                  | 15.1                | 35      |                      |
| 100 | 110             | 100             | 0.38        | 4.7                  | 12.3                | 73      | 8                    |
| 100 | 110             | 120             | 0.44        | 6.3                  | 14.2                | 28      | 3                    |
| 120 | 110             | 130             | 0.31        | 3.7                  | 11.9                | 12      |                      |
| 120 | 130             | 130             | 0.39        | 2.8                  | 7.1                 | 13      | 1                    |

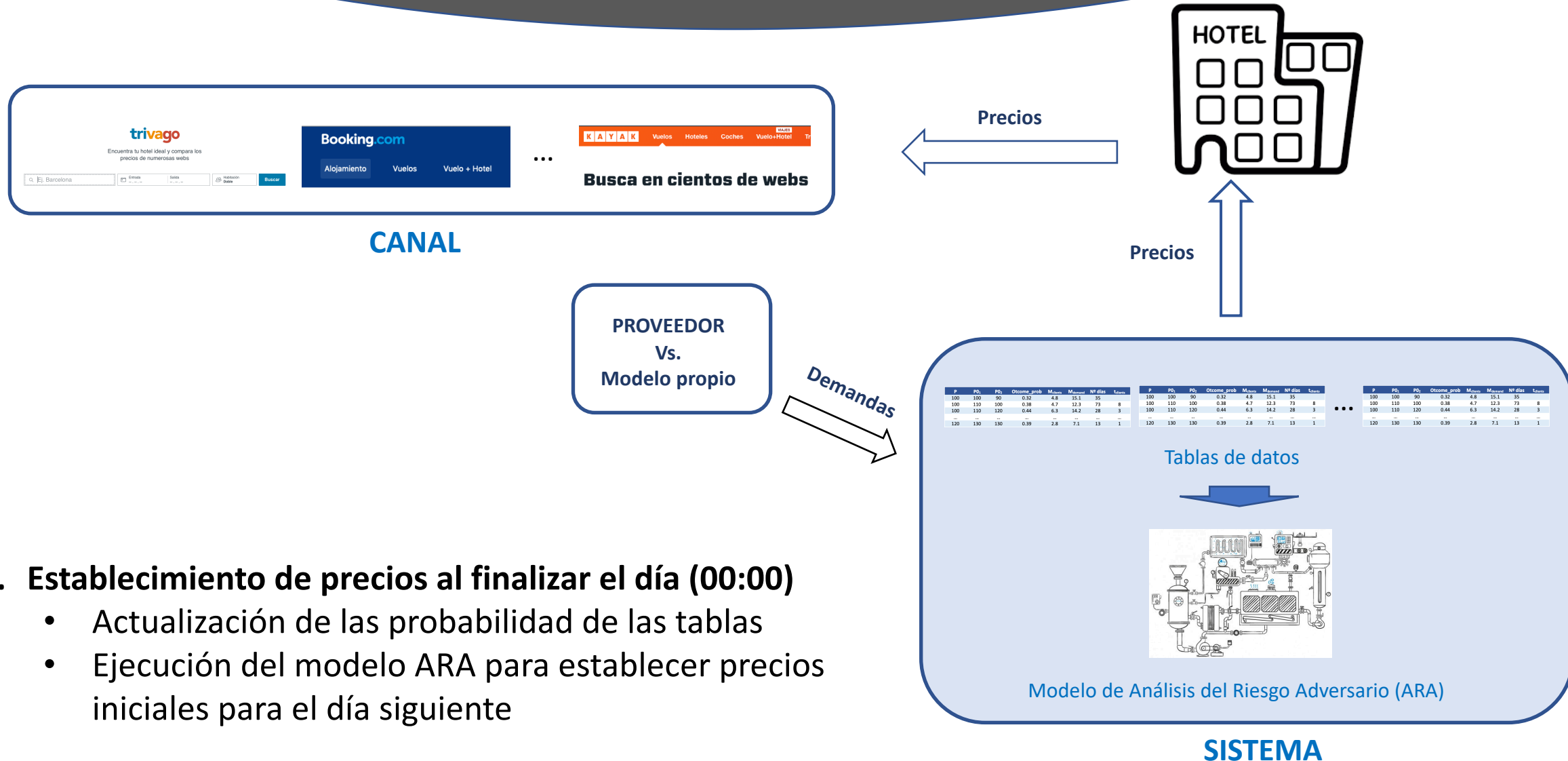


| P0 <sub>1</sub> | Nº días |
|-----------------|---------|
| 95              | 23      |
| 105             | 28      |
| 100             | 13      |
| 110             | 19      |

| P0 <sub>2</sub> | Nº días |
|-----------------|---------|
| 90              | 23      |
| 100             | 13      |
| 110             | 18      |
| 120             | 9       |

Tablas auxiliares con el número de veces que ha puesto un competidor sus distintos precios

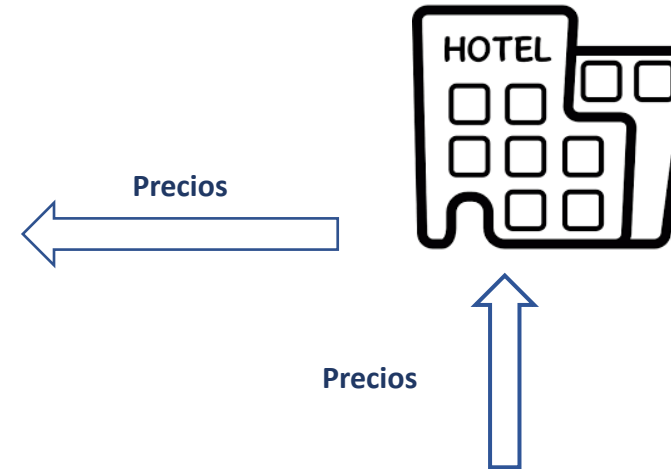
# Sistema: modos de ejecución



# Sistema: modos de ejecución

## 2. Modificación de los precios de la competencia

- Ejecución del modelo ARA para establecer precios



CANAL

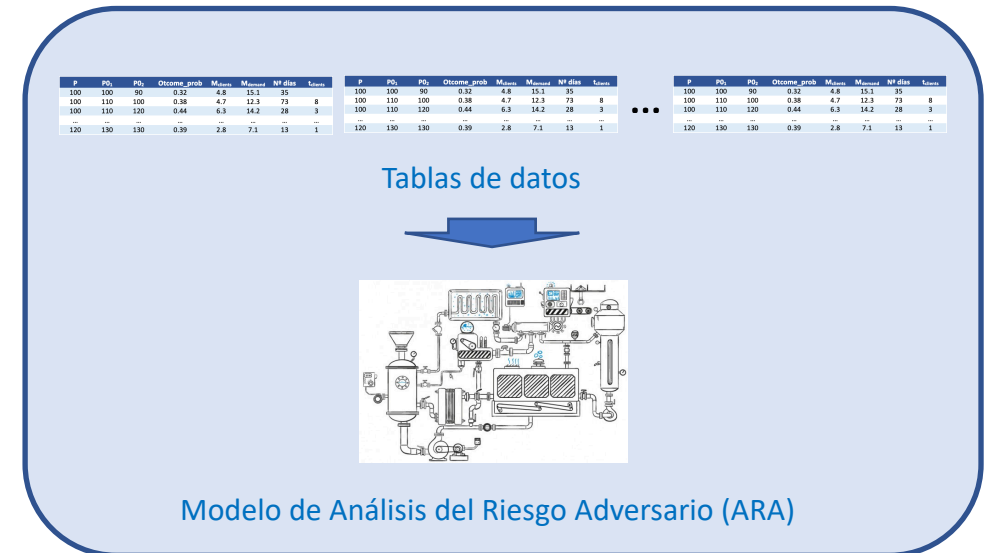
Web scraping



CHANNEL MANAGER

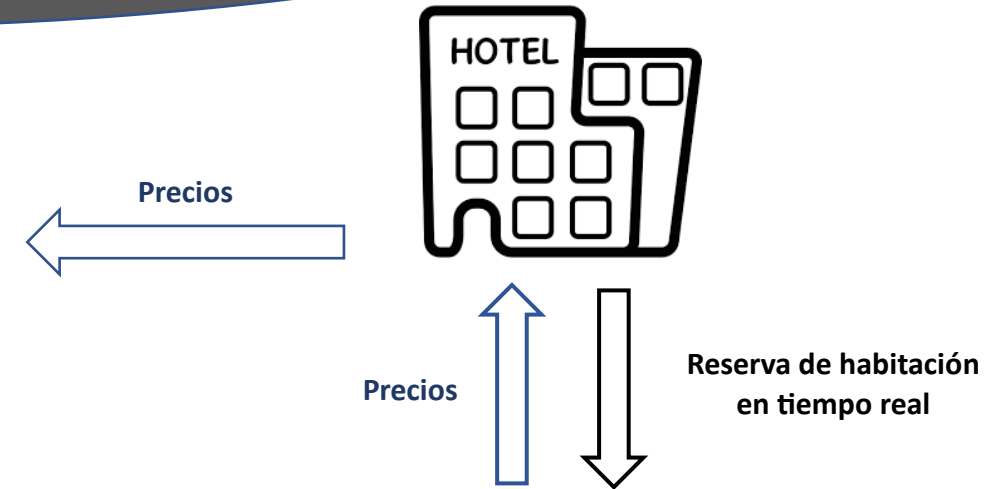
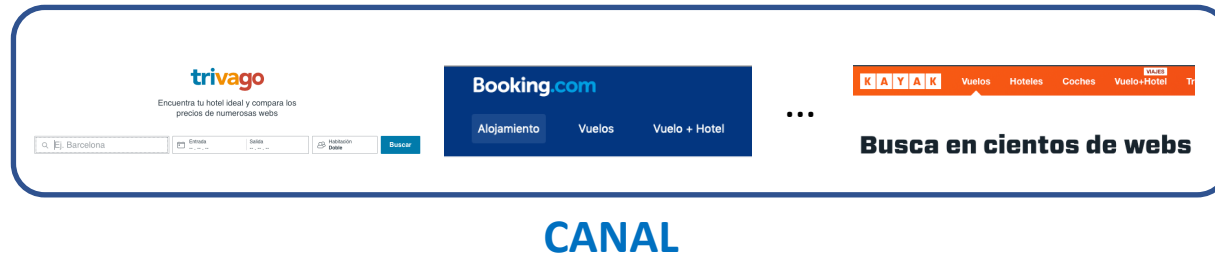


Cambio en los  
precios de las  
habitaciones en  
tiempo real



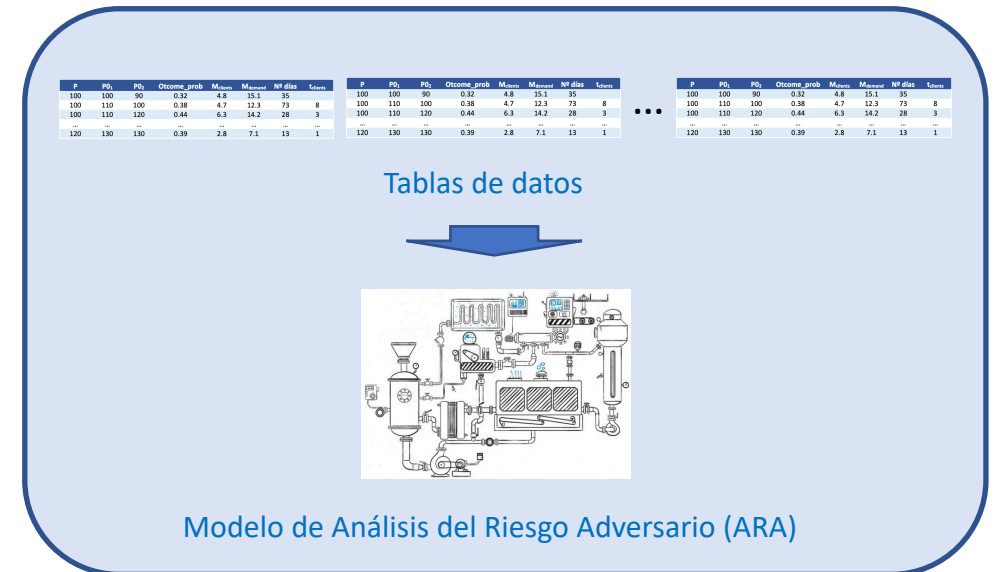
SISTEMA

# Sistema: modos de ejecución



## 3. Realización de una reserva en nuestro hotel

- Actualización de los contenidos de las tablas
- Ejecución del modelo ARA para establecer precios **en función de la ocupación** del hotel



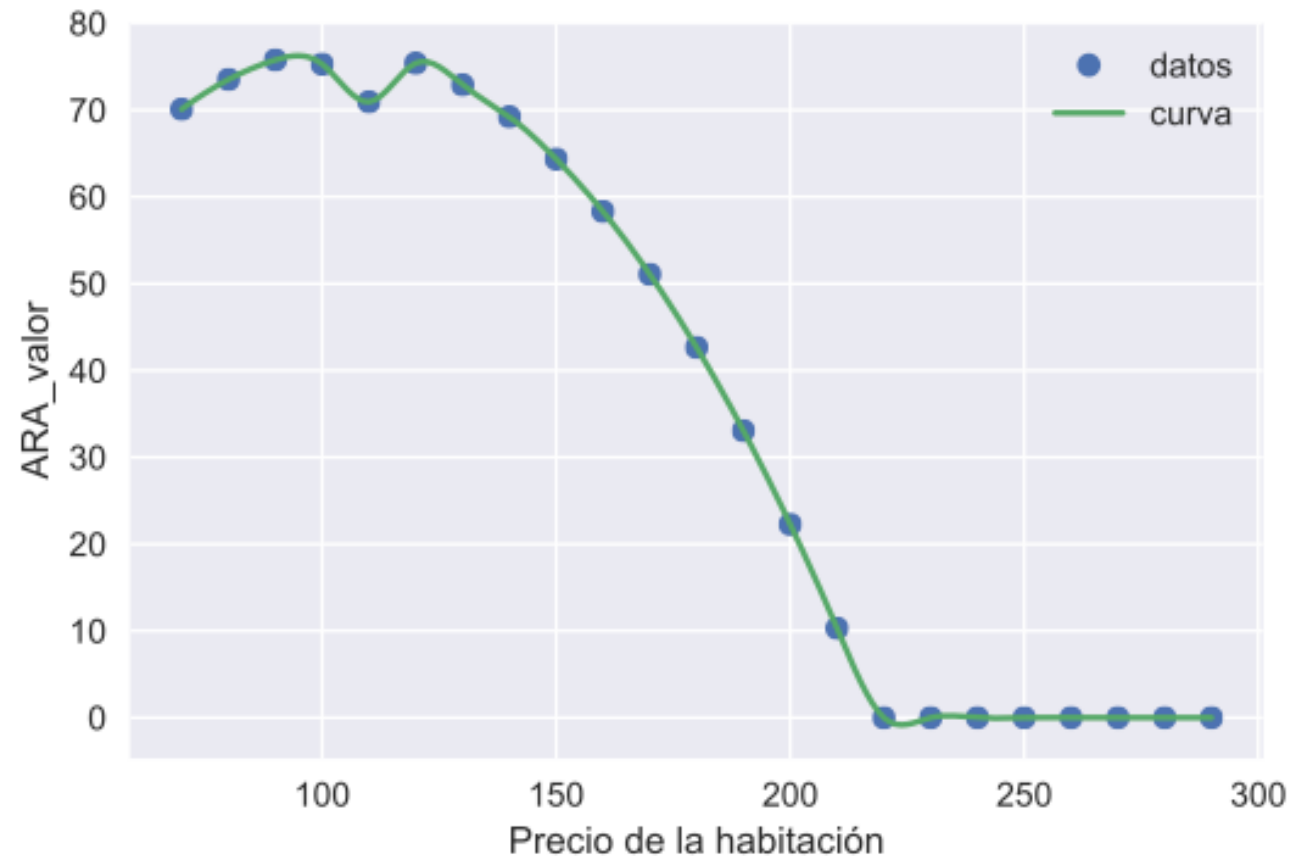
**SISTEMA**

# 6. Prototipo

---

# Prototipo desarrollado

- Modelo de datos diferente -> transformación
- Validar que los resultados son coherentes
- Estudio del modelo preventivo y proactivo
- No se ha utilizado la ocupación y por tanto, tampoco se ha optimizado la función



# 7. Conclusiones y trabajo futuro

---



# Conclusiones

---

## Trabajo futuro

- Adaptación de ARA para un nuevo escenario
  - Planteamiento de una metodología de optimización
  - Aplicable a diversos escenarios y muy personalizable
  - Desarrollo de un prototipo
- 
- Desarrollo de la metodología completa
  - Generación de un modelo de estimación de demanda
  - Introducción de las cancelaciones en el modelo