

Pronóstico de la demanda en empresas retail

Técnica basada en Business Intelligence y Machine Learning

Raúl Benítez - Alberto Garcete

Tutores: PhD. Diego P. Pinto Roa - Ing. Aditardo Vázquez

Universidad Nacional de Asunción - Facultad Politécnica

Julio 2018





Agenda

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

1 *Problema*

2 *Motivación*

3 *Conceptos*

4 *Modelado*

5 *Experimentos*

6 *Resultados*

7 *Conclusiones*



Pronósticos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Pronosticar ciertos eventos constituye una actividad por la cual el hombre:

- Siente una fascinación.
- Siente necesidad de realizarlo.
- Tiene como una actividad cotidiana.



Áreas de aplicación de Pronósticos

Pronóstico de la demanda en empresas retail

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- **Meteorología:** pronóstico del clima.
- **Deportes:** pronóstico de resultado de eventos deportivos.
- **Turismo:** pronóstico de cantidad de turistas.
- **Bolsa de Valores:** pronóstico de rendimiento de acciones, tasas de cambio.
- **Presupuestos gubernamentales:** pronóstico de ingresos.
- **Transportes:** pronóstico de cantidad de usuarios del transporte público.
- **Retail:** pronóstico de ventas o demanda.
- **Energía:** pronóstico de consumo de energía eléctrica, gas natural.



Principios de los Pronósticos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Los pronósticos tienen los siguientes principios [3]:

- Los pronósticos son imposibles de predecir de manera exacta.
- Son más precisos para grupos o familias de artículos.
- Son más precisos para periodos cortos.
- Siempre incluye un error en la estimación.



Pronóstico de la Demanda en empresas retail

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Manejo eficiente del stock
- Sobre costos y ruptura de stock
- Desafío: Pronosticar eficientemente la demanda



Motivación

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

La elaboración de pronósticos de demanda precisos es uno de los retos más importantes en empresas del tipo retail, determinar que sucederá en el futuro con el fin de tomar decisiones adecuadas es un problema que se presenta con frecuencia.



Motivación

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Métodos cuantitativos: la variable ventas históricas
- Métodos cualitativos: la experiencia del experto
- Estos métodos no son adaptativos (tipo de empresa, productos, sucursal, evolución del mercado, comportamiento de consumidores, etc).



Motivación

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Implementar una técnica de pronóstico automática o con mínima intervención humana
- Paliar debilidades de adaptación de los métodos cuantitativos y cualitativos
- Incluyendo las buenas características de cada uno



Motivación

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R. Benítez
A. Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Las desviaciones normales oscilan entre el 5 y el 40% de error.
- Por familia de productos los errores son menores al 5%.



Consideraciones

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Dado un conjunto de productos de una empresa retail
- Problema de pronóstico de la demanda para reposición de stock, por producto
- Stock cíclico
- Períodos de reposición regulares
- Productos no estacionales



Objetivo general

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Desarrollar una nueva técnica de pronóstico de la demanda para la toma de decisión en la reposición de stock integrando herramientas y conceptos de Business Intelligence y Machine Learning



Objetivos específicos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Reportar las principales soluciones que abordan el problema.
- Aplicar el proceso de Business Intelligence para obtener los KPI.
- Realizar el proceso de etiquetado y obtener las instancias de entrenamiento.
- Realizar el proceso de entrenamiento con los distintos clasificadores.
- Evaluar el rendimiento de los distintos clasificadores entrenados.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

ADMINISTRACIÓN DE COMPRAS



Pronóstico de la demanda

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R. Benítez
A. Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

El pronóstico de la demanda es una técnica utilizada para estimar la cantidad de bienes o servicios que los consumidores demandarán en el futuro basadas en el conocimiento del pasado.



Administración de Compras

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

En la *Administración de Compras*, hay un componente vital dentro del proceso de adquisición que es la estimación de la cantidad o volumen de productos a adquirir para reponer el stock. Es ahí donde entra en juego el pronóstico de la demanda[7].



Etapas

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- 1 Detectar la necesidad.
- 2 Traducir la necesidad en una especificación comercial.
- 3 Buscar potenciales proveedores.
- 4 Seleccionar el proveedor adecuado.
- 5 **Detallar la orden de compra y pactar el suministro.**
- 6 Recibir los productos.
- 7 Pagar a los proveedores.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

TÉCNICAS DE PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA



Métodos de pronósticos cualitativos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Son pronósticos subjetivos porque intervienen factores como la experiencia, intuición o emociones del que toma la decisión [11].

Las principales técnicas cualitativas de pronóstico de demanda son [6]:

- Opinión del Gerente
- Junta de opinión ejecutiva
- Consulta a la fuerza de ventas
- Encuesta en el mercado de consumo
- Método Delphi
- Analogía de productos similares



Métodos de pronósticos cuantitativos

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Estos modelos se basan en métodos de pronósticos estadísticos que a partir de los datos históricos de ventas y suponiendo que las tendencias históricas continuarán, son capaces de anticipar la demanda futura [6].

En general, los métodos cuantitativos se clasifican en técnicas de:

- Pronósticos de series de tiempo.
- Pronósticos causales.



Pronósticos de series de tiempo

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- El método de pronóstico del último valor.

$$\text{Pronóstico} = \text{último valor} \quad (1)$$

- El método de pronóstico por promedios.

$$\text{Pronóstico} = \text{promedio de todos los valores hasta la fecha} \quad (2)$$

- El método de pronóstico de promedio móvil.

$$\text{Pronóstico} = \text{promedio de los últimos } n \text{ valores} \quad (3)$$

donde:

n = número de periodos más recientes



Pronósticos de series de tiempo

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- El método de pronóstico por suavizamiento exponencial.

$$\text{Pronóstico} = \alpha * (\text{último valor}) + (1-\alpha) * (\text{último pronóstico}) \quad (4)$$

donde:

α es una constante entre 0 y 1 llamada "constante de suavizamiento".

- El método de suavizamiento exponencial con tendencia.

$$\text{Pronóstico} = \alpha * (\text{último valor}) + (1-\alpha) * (\text{último pronóstico}) + \text{tendencia estimada} \quad (5)$$

donde:

$$\text{tendencia estimada} = \beta * (\text{última tendencia}) * (1-\beta) * (\text{estimación anterior}) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{última tendencia} = & \alpha * (\text{último valor} - \text{penúltimo valor}) + \\ & (1-\alpha) * (\text{último pronóstico} - \text{penúltimo pronóstico}) \end{aligned} \quad (7)$$

con β (beta) es una constante de suavizamiento de tendencia entre 0 y 1. La elección del valor y rango de β tienen igual significado que α .

- Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA).



Pronósticos causales

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

El pronóstico causal obtiene una proyección de la cantidad de interés (la variable dependiente) relacionándola directamente con una o más cantidades (las variables independientes).

Una de las técnicas para resolver problemas de pronósticos causales es la *regresión lineal*.

$$y = a + bx \quad (8)$$

Para problemas donde se consideran varios indicadores clave como variables independientes, la ecuación presenta la siguiente forma:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (9)$$

Donde el proceso de obtención de a y b_1, b_2, \dots, b_n es también por el método de *mínimos cuadrados*.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

BUSINESS INTELLIGENCE



Business Intelligence

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

“Business Intelligence es un término paraguas que abarca los procesos, las herramientas y las tecnologías para convertir datos en información, información en conocimiento y planes para conducir de forma eficaz las actividades de los negocios”[4]

Componentes

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

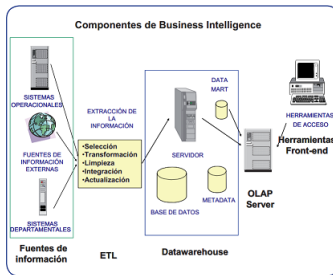
Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones



Componentes de Business Intelligence[2]

- Fuentes de información.
- Extracción, transformación y Carga.
- Datawarehouse.
- OLAP.
- Herramientas de BI.



Indicadores Claves de Rendimiento

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Los KPI o Indicadores Clave de Rendimiento se tratan de indicadores que son decisivos para analizar de forma rápida la situación del negocio y facilitar la toma de decisiones. [1]



Características de los KPI

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Todos los KPI son indicadores, pero no todos los indicadores son KPI.
- Cada organización debe definir sus propios KPI según la actividad realizada.
- Los KPI pueden no ser exclusivamente del tipo financiero.
- Los KPI son un elemento importante en la estrategia de negocios por su capacidad de comunicar resultados a las personas que forman parte del proyecto.



Aplicaciones de BI

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Áreas de aplicación de BI	Casos de uso
Empresas Retail	Proporcionar un análisis de las transacciones de los clientes. Determinar los productos más vendidos, promociones, hábitos de compras. Pronóstico. Uso de datos históricos para pronosticar la demanda.
Inventario	Planificación de Inventarios.
Gestión de Pedidos	Pedido y reposición.
Bancos, Financieras y Valores	Análisis de rentabilidad del cliente. Gestión de créditos. Atención en sucursales: Mejorar el servicio y la atención al cliente.



Aplicaciones de BI

Pronóstico de la demanda en empresas retail

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Áreas de aplicación de BI	Casos de uso
Transporte	Aerolíneas. Analizar conductas, tarifas abonadas, respuestas a promociones, canje de millas, categorías de los pasajeros frecuentes de la empresa.
Educación	Universidades y Colegios. Análisis del proceso de admisión de alumnos.
Salud	Analizar los resultados, identificar tendencias, detectar patrones y predecir los resultados para mejorar el desempeño clínico y operacional. Monitorear iniciativas de calidad y programas de atención. Seguimiento y monitoreo de ingresos, márgenes y rendimiento operacional.
Telecomunicaciones	Perfil y segmentación de clientes. Previsión de la demanda del cliente.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

MACHINE LEARNING



Machine Learning o Aprendizaje automático

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Arthur Samuel define [9]:

Machine Learning es un campo de estudio que da a las computadoras la capacidad de aprender a resolver problemas sin ser explícitamente programados.

Otra definición propuesta por Tom Mitchell:

Problema de aprendizaje bien planteado: se dice que un programa de computadora aprende de la experiencia E con respecto a alguna tarea T y alguna medida de rendimiento P , si su desempeño en T , medido por P , mejora con la experiencia E .

Modelo general de un agente

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

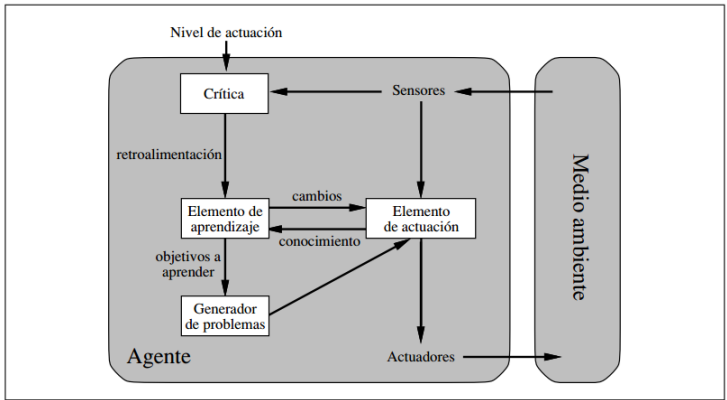
Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones



Modelo general para agentes que aprenden [8].



Aplicaciones

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Reconocimiento facial de Facebook.
- Kinect para Xbox 360.
- Voice recognition.
- La tecnología del habla y el campo relacionado del reconocimiento de caracteres manuscritos.
- Motores de búsqueda.
- Recommender system en plataformas como Amazon, Netflix, Facebook.
- Reconocimiento automático de ciertas áreas en el mundo realizado por satélites.



Formas de aprendizaje automático

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Los algoritmos de aprendizaje automático se pueden agrupar según la forma en que se realiza el aprendizaje:

- Aprendizaje supervisado.
- Aprendizaje no supervisado.
- Aprendizaje por refuerzo.



Algoritmos de aprendizaje automático



Agrupación de algoritmos de aprendizaje automático.



Problemas de Clasificación

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Tipos de clasificación

- Clasificación binaria.
- Clasificación multiclase.
 - Instancias.
 - Atributos.
 - Etiquetas
 - Conjunto de entrenamiento
 - Conjunto de prueba.



Técnicas de evaluación para aprendizaje supervisado

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R. Benítez
A. Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Entrenamiento y prueba sobre los mismos datos.
- Hold-out validation - Porcentaje de retención
- K-fold cross-validation - Validación cruzada de K iteraciones



Métricas de desempeño para problemas de clasificación

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Porcentaje de acierto.
- Matriz de confusión.
 - Exactitud de la clasificación.
 - Error de clasificación.
 - Sensibilidad.
 - Especificidad.
 - Precisión.
 - Medida F.
 - Estadística Kappa.



Orígenes de los errores de predicción.

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- Ruido.
- Sesgo.
- Varianza.



Complejidad del modelo y Curvas de aprendizaje

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

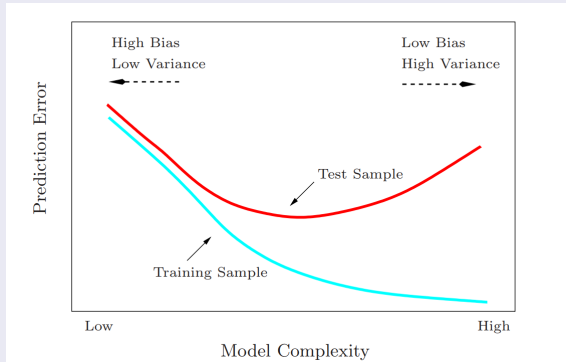
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Complejidad



Complejidad del modelo [5]

Complejidad del modelo y Curvas de aprendizaje

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

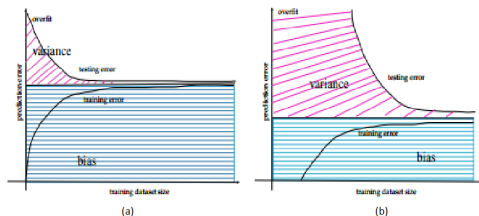
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Curvas de aprendizaje



Curvas de aprendizaje.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

MODELADO

Propuesta de solución

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

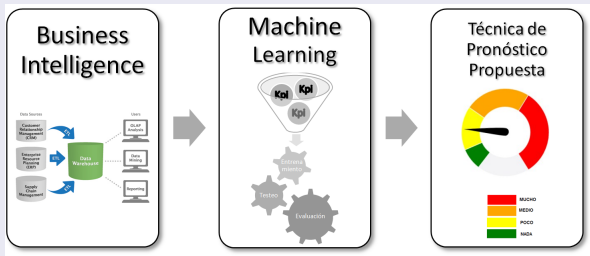
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Esquema general de solución



Esquema general de solución.



Modelado BI

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Fuentes de Información

- Base de datos relacional Oracle 10g.
- Operaciones transaccionales de una empresa retail dedicada a la venta de productos alimenticios y artículos de limpieza.
- Datos de la operaciones comprendidas entre noviembre de 2013 y octubre de 2016.
- Principales tablas consideradas.
 - Tabla de Productos
 - Tabla de Proveedores
 - Tabla de Ventas Cabecera
 - Tabla de Ventas Detalle
 - Tabla de Movimientos Stock



Proceso ETL

- **Tabla de Productos:** se detectaron registros de artículos con las siguientes inconsistencias:
 - Datos del proveedor con valores nulos.
 - Artículos con valores de costo nulo.
 - Artículos con valores donde el costo eran mayor al precio de venta unitario.
 - Artículos cuyo precio de venta unitario era nulo.
- **Tabla de Ventas Cabecera:** se encontraron registros donde los datos del cliente eran nulos.
- **Tabla de Ventas Detalle:** se detectaron registros con las siguientes falencias:
 - Registros de detalles donde los valores de costo eran iguales a cero.
 - Registros de detalle donde el costo unitario eran mayores al precio de venta unitario.



Modelado BI

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Datawarehouse

- Tablas de Hechos.
 - Tabla de hechos cabecera.
 - Tabla de hechos detalle.
 - Tabla de hechos Stock.
- Dimensiones.
 - Dimensión Fecha.
 - Dimensión Productos.
 - Dimensión Proveedores.
 - Dimensión Clientes.
 - Dimensión Cajas.



Modelado BI

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

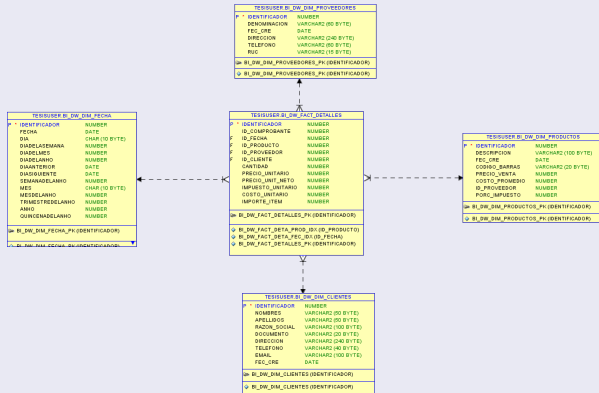
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Esquema hechos detalles





Definición de KPI

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

■ Ticket Medio

$$TM = \frac{\text{Cantidad Vendida Periodo}}{\text{Total Tickets Periodo}} \quad (10)$$

■ Cifra de Ventas

$$CV = \text{Precio} * \text{Cantidad Vendida Periodo} \quad (11)$$

■ Margen Comercial

$$MC = \frac{(\text{Precio} - \text{Costo}) * \text{Cantidad Vendida Periodo}}{\text{Precio} * \text{Cantidad Vendida Periodo}} * 100 \quad (12)$$

■ Rotación de Stock

$$RS = \frac{\text{Total Ventas Periodo}}{\left(\frac{\text{Stock Inicial Periodo} - \text{Stock Final Periodo}}{2} \right)} \quad (13)$$

■ Coeficiente de Rentabilidad

$$CR = ((\text{Precio} - \text{Costo}) * \text{Cantidad Vendida Periodo}) * RS \quad (14)$$

■ Cobertura de Stock

$$CS = \frac{\text{Stock Actual Periodo}}{\text{Promedio Cantidad Venta Ultimos N Periodos}} \quad (15)$$



Obtención de los valores de KPI

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Se obtiene los valores de KPI por cada producto y periodo, mediante codificación de sentencias SQL que operan sobre los datos almacenados en el datawarehouse.

Periodos

- Semanal
- Quincenal
- Mensual



Asignación de etiquetas

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

A cada tupla de KPI se le debe asignar una sola etiqueta de entre las siguientes “Nada”, “Poco”, “Medio” o “Mucho”. El etiquetado es uno de los puntos focales para el aprendizaje automático.

- La asignación de las etiquetas debe ser realizada y revisada por el experto del área de compras.

Para el presente trabajo el etiquetado fue realizado en forma empírica, sin la intervención de un experto por la dificultad de contar con una persona especializada en el área



Asignación de etiquetas

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Ejemplo de etiquetas asignadas

KPI TIKET MEDIO	KPI CIFRA VENTAS	KPI MARGEN COMERCIAL	KPI ROTACION STOCK	KPI COEF RENTABILIDAD	KPI COBERTURA STOCK	CANTIDAD	AÑO	MES	SEMANA	RESULTADO
4667	28000	12008	0.483	5797	2.571	7	2013	12	49	Mucho
4000	4000	1715	0.061	104	3.4	1	2013	12	50	Nada
4000	20000	8577	0.27	2318	4.364	5	2013	12	51	Nada
4000	16000	6862	0.211	1445	4.846	4	2013	12	52	Nada
4000	8000	3431	0.125	429	5.1	2	2013	12	53	Nada
4000	20000	8577	0.4	3431	4.091	5	2014	1	1	Medio
6000	12000	5146	0.353	1816	2.727	3	2014	1	2	Nada
4000	12000	5146	0.353	1816	2.1	3	2014	1	3	Nada
5600	28000	12008	1.077	12932	2.727	7	2014	1	4	Medio

Etiquetado para periodo semanal.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

EXPERIMENTOS



Datos de entrada de Machine Learning

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Business Intelligence provee tres conjuntos de datos independientes que se corresponden con los períodos de análisis. Corresponden a las instancias necesarias para el proceso de aprendizaje automático

Conjuntos de datos

- **Períodos Mensuales:** Se analizaron 309 productos diferentes, y por cada producto se tiene un máximo de 34 instancias.
- **Períodos Quincenales:** Se analizaron 228 productos diferentes, y por cada producto se tiene un máximo de 68 instancias.
- **Períodos Semanales:** Se analizaron 127 productos diferentes, y por cada producto se tiene un máximo de 151 instancias.



Entrenamiento, testeo y evaluación

Pronóstico de la demanda en empresas retail

*R. Benítez
A. Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

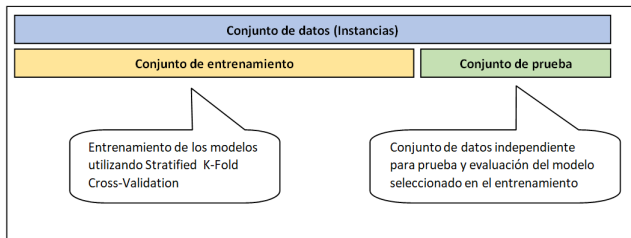
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

- El conjunto de entrenamiento se basa en el 70% de las instancias y el conjunto de prueba corresponde al 30% restante.
- Estrategia utilizada en el curso The Machine Learning Masterclass [10], un curso moderno de Machine Learning para proyectos de análisis predictivo.



Esquema de entrenamiento y prueba.



Entrenamiento, testeo y evaluación

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Pseudocódigo para el proceso de clasificación.

```
for cada período de análisis {mensual, quincenal,semanal}:  
    for cada producto con sus instancias:  
        establecer conjunto de entrenamiento;  
        establecer conjunto de testeo;  
        for cada algoritmo de clasificación:  
            construir clasificador (conjunto de entrenamiento);  
            evaluar clasificador (stratified k-folds cross-validation);  
            obtener métricas de evaluación;  
        endfor;  
        criterios de línea de base (ZeroR, criterios del experto u otro);  
        seleccionar mejor clasificador (max(Kappa));  
        guardar clasificador;  
    endfor;  
endfor;
```

Pseudocódigo para el proceso de Clasificación.



Entrenamiento, testeo y evaluación

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

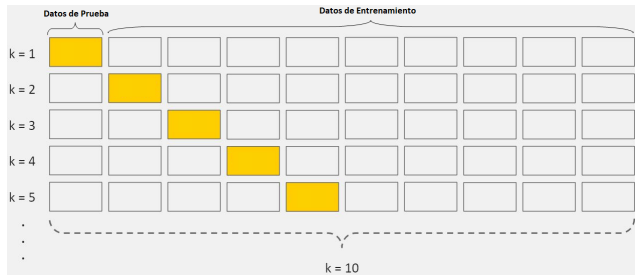
Experimentos

Resultados

Conclusiones

Evaluación

La evaluación se hace por el método Stratified k-fold Cross-Validation para un valor de k igual a 10 y las métricas de desempeño consideradas son el *Porcentaje de Acierto* y la *Estadística Kappa*.



Esquema general de iteraciones para 10-fold Cross-Validation.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

RESULTADOS



Análisis del desempeño

Comparacion con línea base ZeroR

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

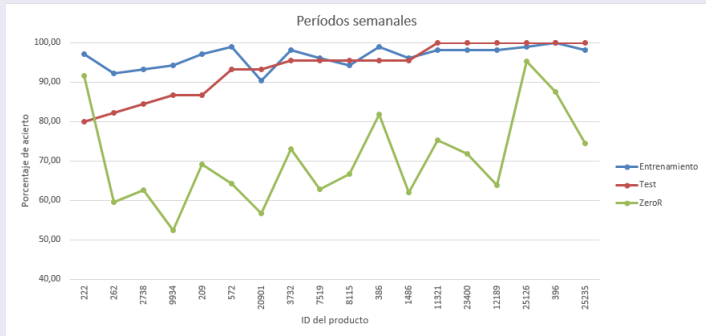
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Periodo Semanal



Entrenamiento vs Test vs ZeroR para períodos semanales.



Análisis del desempeño

Comparacion con línea base ZeroR

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

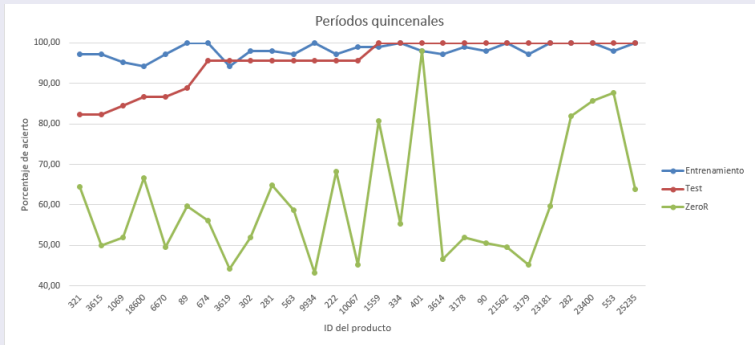
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Periodo Quincenal



Entrenamiento vs Test vs ZeroR para períodos quincenales.



Análisis del desempeño

Comparacion con línea base ZeroR

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

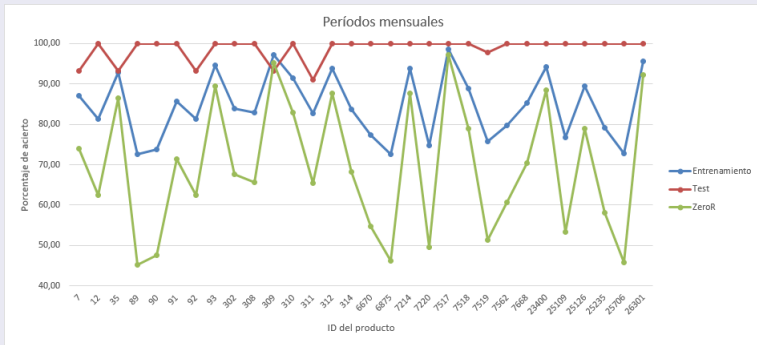
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Periodo Mensual



Entrenamiento vs Test vs ZeroR para períodos mensuales.



Análisis del desempeño

Recuento de clasificadores

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

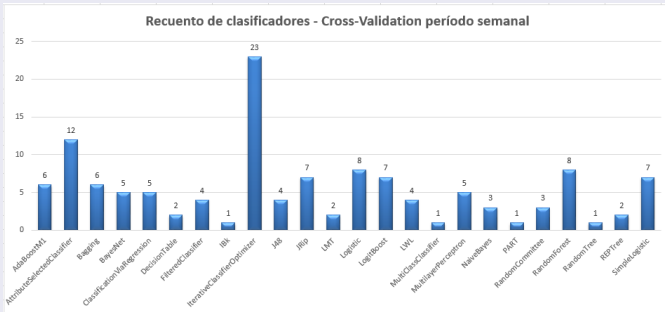
Experimentos

Resultados

Conclusiones

Periodo Semanal

Por cada producto y período de análisis se elige como clasificador aquel que haya alcanzado el mayor valor de *Kappa*.



Conteo de clasificadores para períodos semanales.



Análisis del desempeño

Recuento de clasificadores

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

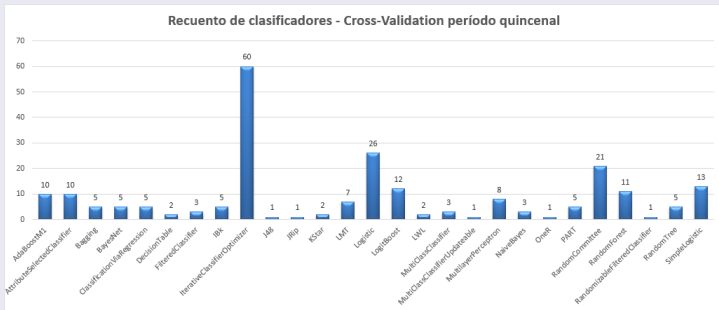
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Periodo Quincenal



Recuento de clasificadores para periodos quincenales.



Análisis del desempeño

Recuento de clasificadores

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

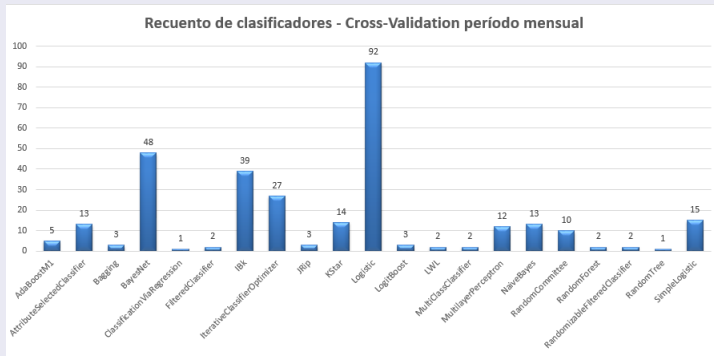
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Periodo Mensual



Recuento de clasificadores para períodos mensuales.



Análisis del desempeño

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R. Benítez
A. Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

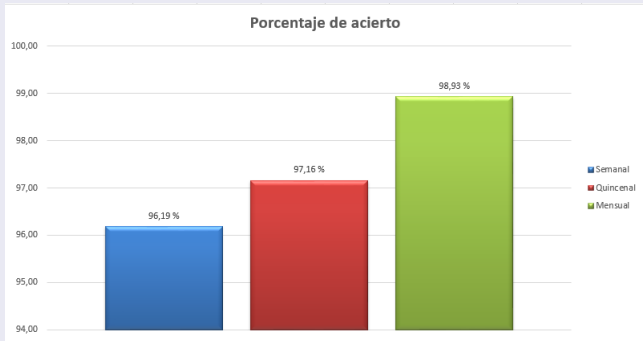
Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Porcentajes de acierto por periodo



Promedio de porcentaje de aciertos para los tres períodos de análisis



Técnica de solución propuesta

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Pseudocódigo para el pronóstico de la demanda

```
for cada próximo período a pronosticar {mensual, quincenal, semanal}:  
    for cada producto:  
        obtener KPIs del período actual finalizado;  
        ejecutar su mejor clasificador (KPIs);  
        obtener etiqueta {nada, poco, medio, mucho}  
        extrapolar a valores continuos(criterio experto);  
    endfor;  
endfor;
```

Pseudocódigo para el proceso de pronóstico de la demanda.



Discusión

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Impacto del periodo de análisis

Una de las decisiones que se debe tomar es acerca del tiempo asignado al período de análisis. En este trabajo se analizaron tres períodos distintos: mensuales, quincenales y semanales con propósitos experimentales y por ser los más comunes en el ámbito comercial. En la práctica, la elección del período es una decisión estratégica a nivel gerencial que depende en gran medida del sector y tamaño de la empresa, tipos de productos y otros criterios.

En el presente trabajo, por tratarse de períodos de tiempo muy cercanos (1, 2 y 4 semanas) no se observan diferencias significativas en el porcentaje de aciertos. Otro factor a tener en cuenta es que para períodos de tiempo muy extensos (6, 12 meses) existe mayor incertidumbre en el pronóstico.



Discusión

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Impacto del etiquetado

La técnica propuesta se trata de un sistema parametrizado, donde las variables principales son el período comercial y las etiquetas seleccionadas para la clasificación. Por cuestiones de practicidad y generalidad se eligió para este trabajo un enfoque de problema de clasificación. El etiquetado proporciona mayor flexibilidad al sistema y un entorno más controlable, en comparación a un sistema de asignación de valores continuos. La flexibilidad del sistema permitió emular la opinión del experto en compras y encontrar una cantidad eficiente de etiquetas.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

CONCLUSIONES



Conclusiones

*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

De acuerdo a los resultados experimentales se obtuvieron altas tasas de aciertos, haciendo pruebas exhaustivas con varios algoritmos de clasificación y evaluando con un método ampliamente aceptado. La técnica propuesta pretende que se convierta en una herramienta de apoyo en la toma de decisiones del gerente de compras en el proceso de reposición de stock.



Trabajos Futuros

Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail

R.Benítez
A.Garcete

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

Con el propósito de futuras mejoras del presente trabajo, a continuación se citan una serie de propuestas:

- Incorporar más KPI referentes a otros procesos de negocios que inciden en la venta de un producto.
- Asignación por parte del experto en compras de valores continuos a la clase de las instancias.
- Etiquetado basado en clustering (aprendizaje no supervisado) con la aprobación del experto en compras.
- Optimizar los algoritmos de aprendizaje mediante el ajuste de los parámetros (*Tuning parameters*).
- Incluir costos asociados a un producto (costos de almacenamiento, seguro, mantenimiento).
- Desarrollar un software SaaS (Software as a Service) que provea un servicio de pronóstico de la demanda.



*Pronóstico de
la demanda en
empresas
retail*

*R.Benítez
A.Garcete*

Problema

Motivación

Conceptos

Modelado

Experimentos

Resultados

Conclusiones

¡MUCHAS GRACIAS!



Marcos Alvarez.
Cuadro de Mando Retail.
Profit, 2013.



Josep Lluís Cano.
Busines Intelligence: Competir con información.
ESADE, Banesto, Banesto Pyme, 2007.



S.N. Chapman.
Planificación y control de la producción.
Pearson educación. Pearson Educación, 2006.



Wayne W. Eckerson and Cindi Howson.
Enterprise business intelligence: Strategies and technologies
for deploying bi on an enterprise scale tdwi report series.
2005.



Jerome Friedman, Trevor Hastie, and Robert Tibshirani.



The elements of statistical learning, volume 1.
Springer series in statistics New York, 2001.



Frederick S. Hillier and Mark S. Hillier.
Métodos cuantitativos para administración.
Tercera edition, 2008.



P. Fraser Johnson, Michiel R. Leenders, and Anna E.
Flynn.
Administración de compras y abastecimientos.
McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
DE C.V, 2012.



Stuart Russell and Peter Norvig.
*Inteligencia Artificial. Un Enfoque Moderno. Segunda
Edición*.
PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2004.



Arthur Samuel.

Some studies in machine learning using the game of checker.

IBM Journal 3, 211-229, 1959.



Elite Data Science.com.

The Machine Learning Masterclass.
2016.



Naim Caba Villalobos, Oswaldo Chamorro Altahona, and
Tomás José Fontalvo Herrera.

Gestión de la Producción y Operaciones.
2011.