



Smart store with shopping assistant system

Jordi Tuset Mena

Màster Universitari en Enginyeria de Telecomunicació

Raúl Parada Medina

04/01/2016



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

GNU Free Documentation License (GNU FDL)

Copyright © 2015 Jordi Tuset Mena.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

Copyright

© (Jordi Tuset Mena)

Reservats tots els drets. Està prohibit la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol mitjà o procediment, compresos la impressió, la reprografia, el microfilm, el tractament informàtic o qualsevol altre sistema, així com la distribució d'exemplars mitjançant lloguer i préstec, sense l'autorització escrita de l'autor o dels límits que autoritzi la Llei de Propietat Intel·lectual.

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball:	<i>Smart store with shopping assistant system</i>
Nom de l'autor:	<i>Jordi Toset Mena</i>
Nom del consultor:	<i>Raúl Parada Medina</i>
Data de lliurament (mm/aaaa):	<i>01/2016</i>
Àrea del Treball Final:	<i>Sistemes de Telecomunicació</i>
Titulació:	<i>Màster en Enginyeria de Telecomunicació</i>

Resum del Treball (màxim 250 paraules):

En el sector del comerç, independentment del què es pretén vendre, hi ha un denominador comú que és el de proporcionar al client una experiència de compra diferent i satisfactòria, que per una banda sigui un tret diferenciador del negoci i per l'altra, que permeti fidelitzar el client. Cada cop es fa més imprescindible combinar l'oferta en un punt de venda físic i via web (online), es tracta de dos sistemes de vendes que han de mantenir-se units i han de complementar-se. Des d'aquest punt de vista, qualsevol estratègia de fidelització ha d'enfocar-se en els dos sistemes.

Aquest treball proposa un escenari on en primer lloc es dota a una botiga de roba d'un sistema de gestió a nivell d'article amb l'ajuda de sistemes RFID que permetrà controlar els estocs, gestionar l'inventari i capturar el comportament de compra dels clients i les seves preferències, informació que serà especialment útil per l'empresa per a presa de decisions i ser proactius. En segon lloc, es complementa l'experiència de compra amb un sistema de recomanació que pot utilitzar-se tant en l'entorn físic de la botiga com via web, que assistirà al client per a fer-li varies recomanacions d'altres productes disponibles en la tenda d'acord a un conjunt d'informació explícita i implícita que s'ha anat recollint en el sistema.

En conclusió, aquest treball s'espera que sigui un punt de partida per a molts comerços de com poden reinventar-se, enriquir als clients amb serveis intel·ligents i personalitzats per millorar les seves experiències de compra.

Abstract (in English, 250 words or less):

In the trade, regardless of what it intends to sell, there is a common denominator is to provide customers a different and satisfying shopping experience, which on one hand is a distinguishing feature of the business and on the other, allows customer loyalty. Whenever it becomes necessary to combine the offer in a physical point of sale via the website (online), these two systems sales should remain united and should be supplemented. From this point of view, any loyalty strategy should focus on both systems.

This paper proposes a scenario where first adopts a clothing store management system in terms of article with the help of RFID systems which will monitor stocks, manage inventory and capture the buying behavior customers and their preferences, information will be especially useful for business decisions and be proactive. Secondly, the shopping experience is complemented with a recommendation system that can be used both in the physical store as web, which assist the client to make him various other products available recommendations the store agreed to a set of implicit and explicit information that has been collected in the system.

In conclusion, this work is expected to be a starting point for many businesses how they can reinvent themselves, to enrich the customers with intelligent, personalized services to enhance their shopping experiences.

Paraules clau (entre 4 i 8):

Recommendation
Recommender System
Smart shopping assistant
Customer shopping experience
Item-level RFID

Índex

1.	Introducció	1
1.1.	Context i justificació del Treball	1
1.2.	Objectius del Treball	2
1.3.	Enfocament i mètode seguit	2
1.4.	Planificació del Treball.....	3
1.5.	Breu sumari de productes obtinguts	4
1.6.	Breu descripció dels altres capítols de la memòria	4
2.	Estat de l'art.....	6
2.1	Tecnologia RFID.....	6
2.2	Sistemes de recomanació	7
2.3	Treballs en més detall.....	10
3.	La botiga.....	12
3.1	La imatge	12
3.2	Solucions per impulsar el rendiment de la tenda.....	13
3.3	Disseny de l'interior de la botiga.....	14
4.	Articles i etiquetatge	15
4.1	Classificació i atributs dels articles	15
4.2	Sistema d'etiquetatge	17
4.2.1	RFID vs Codi de Barres	17
4.2.2	Codificació RFID	18
5.	Sistema RFID	20
5.1	Descripció dels components d'un sistema RFID	20
5.2	Tecnologia RFID en la botiga de roba	22
6.	Sistema de recomanació	27
6.1	Motivacions.....	27

6.2	Tipus de sistemes de recomanació	27
6.2.1	Informació explícita	27
6.2.2	Informació implícita	28
6.3	Mètodes de recomanació	28
6.3.1	Sistemes de recomanació basats en continguts.....	28
6.3.2	Sistemes de recomanació basats en filtratge col·laboratiu.....	29
6.3.3	Sistemes de recomanació híbrids.....	30
6.3.4	Sistemes de recomanació basats en coneixement.....	31
6.3.5	Sistemes de recomanació demogràfics	31
6.4	Descripció del sistema utilitzat.....	32
6.4.1	Característiques del articles.....	33
6.4.2	Similitud dels articles	34
6.4.3	Filtratge col·laboratiu basat en articles d'estadístiques de compra	36
6.5	Disseny de la base de dades.....	37
6.6	Implementació del sistema de recomanació.....	41
7.	Metodologia i Resultats	44
8.	Conclusions	52
9.	Glossari	55
10.	Bibliografia	56
11.	Annexos.....	59
11.1	Definició en SQL de les taules de la base de dades smartstore	59
11.2	Codi font	61
11.2.1	fittingroom.php	61
11.2.2	smartstore_ajax.php	70
11.2.3	utis.php	81
11.3	Plànols de la botiga	84

Llistat de figures

Figura 1.4.1 Diagrama de Gannt.	4
Figura 5.1.1 Components d'un sistema RFID.	21
Figura 5.2.1 Etiqueta RFID.....	22
Figura 5.2.2 Targetes RFID.....	23
Figura 5.2.3 Lector RFID portàtil.	24
Figura 5.2.4 Lector RFID fixe.	24
Figura 5.2.5 Lector RFID de portal.....	25
Figura 5.2.6 Lector RFID en les caixes registradores.	26
Figura 5.2.7 Esquema del procés de compra.	26
Figura 6.3.1 Sistema de recomanació híbrid paral·lel.....	30
Figura 6.3.2 Sistema de recomanació híbrid monolític.	30
Figura 6.3.3 Sistema de recomanació híbrid conducte.....	31
Figura 6.5.1 Esquema relacional de la base de dades implementada.....	40
Figura 6.6.1 Esquema del contingut de la pantalla.	42
Figura 6.6.2 Captura de pantalla de l'aplicació desenvolupada.....	43
Figura 6.6.1 Valors dels cosinus després de 100 compres.....	50
Figura 6.6.2 Valors dels cosinus després de 200 compres.....	50
Figura 6.6.3 Valors dels cosinus després de 300 compres.....	50

Llistat de taules

Taula 6.4.1 Característiques dels articles	33
Taula 6.4.2 Filtratge col·laboratiu item-to-item	36

1. Introducció

1.1. Context i justificació del Treball

Els motors de recomanació han tingut un enorme i paradoxalment, invisible influència en el consumidor típic. Els consumidors d'avui, compren productes recomanats per Amazon, veuen pel·lícules recomanades per Netflix, llegeixen missatges de Facebook organitzats d'acord al seu motor de recomanació, fins i tot els anuncis que veuen són recomanats en base al seu comportament en la xarxa.

Amazon és per a molts, el centre comercial més gran d'Internet. Compta amb un catàleg enorme, concretament al web amazon.com (USA) compta amb 253 milions de productes (dades de finals del 2014). En aquest entorn és vital l'ús d'un sistema de recomanacions que ajudi als usuaris a trobar els productes de la manera més eficaç possible. La seva eficàcia està directament relacionada amb l'increment de les vendes. En aquest sentit, després en gran mesura de la incorporació del seu motor de recomanació, Amazon va veure augmentar les vendes en un 29%. En definitiva, la recomanació dels seus productes als seus clients és un dels pilars d'Amazon, així com un dels seus actius més importants i productius.

Netflix és un servei que permet ver legalment centenars de pel·lícules i sèries a través d'Internet. Només cal pagar una quota mensual, a mode de tarifa plana. Està en permanent expansió arreu de tot el món, precisament a finals d'octubre de 2015 el servei arribarà a Espanya. En el segon quadrimestre de 2015 comptava amb 65.55 milions de subscriptors i amb uns 14.000 títols en total en tots els seus diversos webs regionals. Doncs bé, Netflix ha assegurat que el 75% dels continguts que es consumeixen en el seu servei són fruit de les recomanacions automàtiques que ofereixen als consumidors.

Seguint en aquesta línia, en les darreres prediccions realitzades per Gartner per a les organitzacions de TI i usuaris per al 2015 i més enllà, s'apunta que a finals de l'any 2016, més de 2 mil milions en compres en línia es realitzaran exclusivament per assistents digitals mòbils, esdevenint l'aplicació estrella.

Canviant de tema però seguint en context d'aquest treball, el grup Inditex va anunciar l'any passat un programa per a la instal·lació de la tecnologia RFID, que ha permès la identificació individualitzada de peces des de les plataformes logístiques fins a la seva venda en tenda. Al 2016 estarà implementada en totes les tendes de Zara i progressivament en la resta de cadenes. Aquesta solució permet al grup crear plans precisos de comercialització i catàlegs de productes a mida, millorant amb això la experiència dels clients. En aquest sentit, l'estudi 'RFID in Retail' de Kurt Salmon, enfocat en el sector tèxtil minorista, recull que la majoria dels enquestats reconeixen un increment del 1 a 5% en els seus marges bruts a l'utilitzar aquesta tecnologia per a millorar la precisió i l'abastiment de l'inventari entre el magatzem i el punt de venda.

Tenint en compte el context que s'ha descrit anteriorment, queda plenament justificat l'ús combinat d'assistents digitals (o sistema de recomanació) i de la tecnologia RFID en un comerç minorista com el d'una botiga de roba. Estem davant d'un escenari que es podria definir com la botiga eficient i intel·ligent. Potser avui dia encara no està molt

estès, però és més que previsible que a curt termini esdevingui un escenari molt comú en el sector tèxtil i d'altres sectors.

1.2. Objectius del Treball

L'objectiu principal que es pretén aconseguir en la definició de tot el que envolta al concepte de "smart shop", juntament amb el sistema de recomanació ("shopping assistant system"), és arribar a crear **una tenda de roba més centrada en el client**. En definitiva, es tracta d'aportar totes les tecnologies necessàries per a servir al client, per crear-li un viatge de noves experiències. Si entrem en el detall dels objectius del treball, podríem enumerar els següents:

- Especificar com es classificaran i catalogaran els diferents articles i quina codificació RFID utilitzaran.
- Determinar en quin lloc de la tenda es col·loquen els diferents dispositius que ens ajudaran tant en els processos d'inventari com en el procés de recomanació d'altres articles, i detallar el funcionament del sistema.
- Definir i implementar quins algorismes de recomanació s'utilitzaran i de quina manera es presentaran les recomanacions a l'usuari.
- Avaluar el funcionament del sistema de recomanació i extreure'n conclusions, juntament amb valorar noves funcionalitats que puguin aportar valor afegit.

1.3. Enfocament i mètode seguit

L'estratègia a dur a terme en aquest treball ha estat adaptar diferents productes existents per a crear un escenari nou.

El punt de partida són els plànols d'un local de dues plantes, que es pretén que sigui una botiga "intel·ligent" de roba. Sobre aquests plànols es crea l'interior de la tenda. Cal realitzar un disseny intel·ligent, que comporti una diferència significativa a l'hora de que un client compri o no un producte. Cal crear i proporcionar al client una nova experiència de compra. També cal saber quines coses els hi atrauen, com es mouen, i partir d'aquí, determinar el millor disseny i crear el millor entorn possible.

L'ús de la tecnologia en la tenda és imprescindible per assolir els objectius. Es fa necessari identificar i localitzar de forma automàtica qualsevol producte de la tenda, de la manera més immediata i precisa possible, d'aquí l'ús del sistema RFID. L'etiquetatge dels productes, requereix definir quines propietats o atributs cal especificar en l'etiqueta per tal de que ens permetin realitzar l'inventari de la manera més eficient possible. Lògicament, caldrà d'un sistema informàtic que emmagatzemi i gestioni tota aquesta informació.

Dotar a la botiga d'un sistema que realitzi les funcions d'un assistent de vendes (un sistema de recomanació), que ens permetrà conèixer el client, aprendre els seus gustos, i recomanar l'article que li pugui interessar més, entre tots els articles disponibles.

En resum doncs, tenim que si al punt de partida (els plànols), hi afegim un disseny òptim de l'interior, l'ús de la tecnologia RFID per a la identificació i localització, i finalment, el sistema de recomanació, estem davant de la representació ideal del nostre principal objectiu, una tenda intel·ligent.

1.4. Planificació del Treball

En primer lloc s'enumeren les tasques a dur a terme juntament amb les dates d'inicialització i finalització, relacionades directament amb les tasques a dur a terme en les diferents PACs i les seves dates d'entrega:

Nom	Inici	Finalització
Tasques a dur a terme en la PAC1	22/09/15	04/10/15
Definir el tema del TFM	22/09/15	27/09/15
Estructura de la memòria	28/09/15	04/10/15
Planificació dels objectius	28/09/15	04/10/15
Entrega de la PAC1	05/10/15	05/10/15
Tasques a dur a terme en la PAC2	06/10/15	18/10/15
Estudi d'altres treballs relacionats	06/10/15	18/10/15
Anàlisi de les solucions tecnològiques	06/10/15	18/10/15
Sistemes RFID	06/10/15	11/10/15
Algorismes de recomanació	12/10/15	18/10/15
Entrega de la PAC2	19/10/15	19/10/15
Tasques a dur a terme en la PAC3	20/10/15	08/12/15
Definir les estructures de dades i el sistema d'etiquetatge	20/10/15	26/10/15
Dissenyar l'interior de la botiga	27/10/15	02/11/15
Detallar el funcionament del sistemes RFID	03/11/15	16/11/15
Disseny i implementació del sistema de recomanació	17/11/15	01/12/15
Avaluar els resultats obtinguts	02/12/15	08/12/15
Entrega de la PAC3	09/12/15	09/12/15
Tasques a dur a terme en la PAC4	10/12/15	03/01/16
Elaboració de la memòria final	10/12/15	03/01/16
Entrega de la PAC4	04/01/16	04/01/16
Tasques a dur a terme en la PAC 5	05/01/16	17/01/16
Defensa del treball	05/01/16	17/01/16
Entrega de la PAC5	18/01/16	18/01/16

A continuació es mostra el digrama de Gantt:

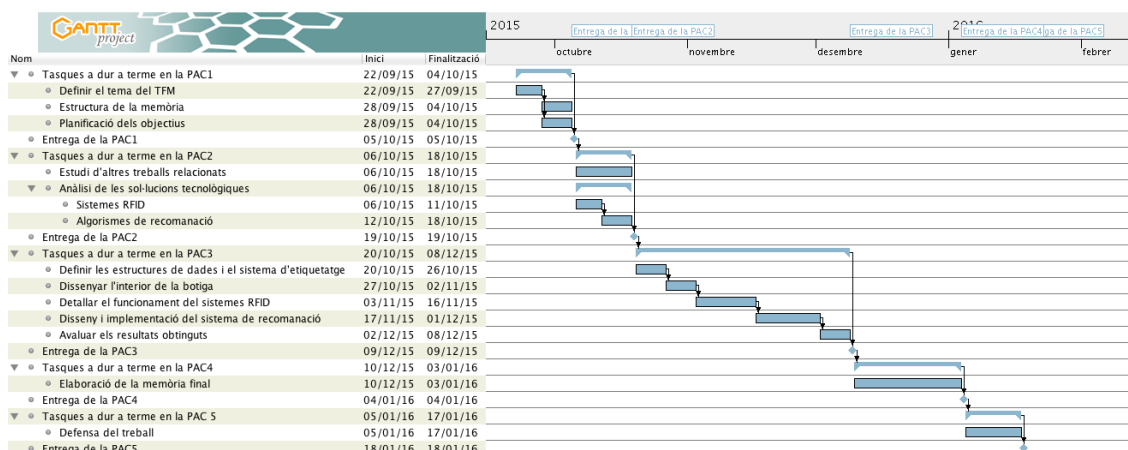


Figura 1.4.1 Diagrama de Gantt.¹

1.5. Breu resumari de productes obtinguts

Per una banda, s'ha realitzat el disseny de l'interior de la botiga, fent especial èmfasi en el funcionament dels emprovaradors de roba, que són la representació més clara del concepte de botiga intel·ligent que es presenta en aquest treball. En els emprovaradors és on s'utilitza el sistema de recomanació implementat.

D'altra banda, en la implementació del sistema de recomanació, s'ha utilitzat dues tècniques de recomanació diferents, que es presenten al client de forma conjunta (i complementària). La primera tècnica utilitza únicament les característiques dels diferents productes per determinar una llista de recomanacions basades en la similitud dels diferents productes, i la segona tècnica, utilitza informació de les compres realitzades pels clients, de manera que acaba representant els gustos (preferències) dels diferents clients, per així crear una llista de recomanació de productes.

Finament, per poder comprovar i simular el funcionament del sistema de recomanació, s'ha implementat una petita base de dades (amb 200 productes) i s'ha desenvolupat una aplicació web que permet, seleccionar un producte (un article de roba) i a partir d'aquest, es mostren dues llistes de recomanació (de 5 productes cada una), utilitzant les dues tècniques anteriorment esmentades. En aquesta aplicació es mostren les fotografies i la descripció dels productes, de manera que ajuda a entendre i a validar el funcionament del sistema de recomanació.

1.6. Breu descripció dels altres capítols de la memòria

A continuació es realitza una petita descripció dels diferents capítols del treball:

- La botiga: En aquest capítol s'apunten algunes idees i consells de cara a donar una bona imatge de la botiga, així com consells de *marketing* per estudiar i

¹ Figura generada amb el programari GanttProject, lliure per a qualsevol propòsit, sense drets de llicència. Descarregat del web www.ganttproject.biz.

analitzar diferents factors que ens ajudaran a una millor optimització efectiva de les vendes. Es mostra també, el disseny de l'interior de la tenda, on es detalla especialment la localització dels diferents estants, els aparadors i els emprovadors.

- Articles i etiquetatge: En primer lloc es descriu de quina manera es classifiquen els diferents productes i quins són els seus atributs. A partir de la classificació, es determina de quina manera es guarden els atributs dels productes en el sistema d'etiquetatge.
- Sistema RFID: Descripció dels components generals d'un sistema RFID. Característiques principals, avantatges i inconvenients respecte altres sistemes d'identificació. Aplicacions de la tecnologia RFID i en més detall, quines solucions ens aporta en un entorn com el de la botiga de roba del projecte.
- Sistema de recomanació: Motivacions en l'ús d'aquests sistemes. Tipus de sistemes de recomanació i els diferents mètodes de recomanació. Detall del sistema de recomanació emprat en la botiga de roba del projecte, així com possibles millores. Implementació del sistema de recomanació en un entorn web amb PHP/MySQL.
- Metodologia i Resultats: En aquest apartat es presenten els resultats obtinguts després de realitzar un conjunt de simulacions. Aquestes simulacions s'han dut a terme a partir de dades reals obtingudes de un grup de clients (persones diferents que han col·laborat en l'experiment).
- Conclusions: En aquest apartat s'estudiarà el resultat d'aplicar el sistema de recomanació plantejat en el projecte en una simulació (reduïda) del que seria un catàleg d'una botiga de roba amb un conjunt de clients.

Finalment, la resta de capítols del projecte són el Glossari, la Bibliografia i els Annexos. En l'apartat dels annexos s'han inclòs tot el codi font, i els plànols de la botiga.

2. Estat de l'art

2.1 Tecnologia RFID

En la dècada dels 70 es va produir l'explosió en el desenvolupament de sistemes RFID, i apareixen els primers usos industrials. En la dècada dels 80, apareixen les primeres aplicacions comercials, i no és fins a al dècada dels 90 que apareixen els estàndards internacionals i un ampli desplegament de tecnologies RFID, convertint-la actualment, en una tecnologia quotidiana.

Actualment, el major desenvolupament de la tecnologia RFID s'està duen a terme en la freqüència UHF, principalment, perquè hi ha grans expectatives derivades de la traçabilitat i identificació de productes en la cadena de producció. Els nous desenvolupaments que està duen a terme la indústria (estàndards i tècnics), estan encaminats a eliminar les limitacions de la tecnologia i millorar (encara més) el seu ús dins de la traçabilitat de productes. Alguns dels exemples d'aquests nous desenvolupaments tenen a veure amb:

- El rang de lectura d'una etiqueta. Aquest depèn directament del tipus d'etiqueta utilitzada. Un disseny precís de l'antena (mida i forma) aconseguirà una millor eficiència en la recepció, de la mateixa manera que una adequada elecció de l'integrat amb millor sensibilitat. En les etiquetes passives els rangs de lectura poden variar entre 30cm i 5m, depenent del fabricant. Per obtenir rangs de lectura superiors, es necessitaran etiquetes actives. Esmentar l'article de Rao, K.V.S; Nikitin, P.V.; Lam, S.F. [1] pel que fa l'estudi dels requeriments de disseny, i l'article de Gu Jihui, Li Fuhai, Deng Bing, Wang Peng i Hu Lehong [2] que proposen una antena petita i compacte dissenyada especialment per al camp de la roba.
- L'abast que se sol indicar en una etiqueta RFID és per els escenaris que s'anomenen "*tag in isolation*", on una sola etiqueta és llegida per un sol lector. En els escenaris reals, com és el que es descriu en aquest treball, hi haurà múltiples etiquetes que estaran dins d'àrea d'interrogació d'un mateix lector, el que s'anomena "*tag in population*". Tant per aquest cas, com per el cas de que varis lectors coincideixin en llegir una mateixa etiqueta simultàniament, els rangs de lectura de les etiquetes es veuen clarament reduïts deguts a les interferències en la transmissió. Els avenços en aquest aspecte es centra en el desenvolupament del que s'anomenen mecanismes de anticol·lisió. En aquest sentit, el darrer estàndard EPC Class I Gen2, incorpora nous mecanismes per a millorar el rendiment reduint les interferències. El problema de l'estimació de la població d'etiquetes RFID en escenaris amb múltiples lectors que comparteixen regions (zones de solapament) amb múltiples etiquetes, ha estat estudi de nombrosos treballs, l'exemple més recent és el de Shahzad, M. i Liu, A. X. [3], on s'estudia com poder determinar el més ràpidament possible i amb la major precisió possible el nombre d'etiquetes RFID en un escenari com el descrit anteriorment. Les tècniques utilitzades, només afecten a mòduls de programari que utilitzen els lectors.

- Un altre aspecte important a tenir molt en compte, és el tipus d'objecte a etiquetar. En aquest sentit, cal prestar molta atenció en els objectes de metall, on les etiquetes es tornen "invisibles". Per aquests casos, es poden trobar en el mercat etiquetes RFID específiques per a ser utilitzades en productes metàl·lics. Per a la resta de materials, i en el cas concret de la roba (objecte d'aquest treball), és important l'ús d'un envoltori que permeti la correcta separació entre l'etiqueta i la peça de roba, arribant a un compromís que sigui suficient perquè no disminueixi en excés el rendiment de l'antena. El cas recent (2014) de la cadena de tendes Zara (Grup Inditex), utilitza etiquetes dures amb tecnologia dual RFID/Acustomagnètica (RFID/AM) Sensomatic de Tyco, que no només ofereixen la visibilitat de tot l'inventari, si no que permeten controlar la pèrdua desconeguda gràcies a la tecnologia acustomagnètica antifurt i millorar la seguretat en la tenda.
- Pel que fa al mapa de memòria, cal destacar que a part de l'identificador, s'estan desenvolupant etiquetes amb memòria d'usuari, que fa possible l'emmagatzemament d'informació addicional referent al producte dins de l'etiqueta, el que permet la modificació de certes variables relacionades amb les seves característiques en temps real.
- Paral·lelament, s'han anat introduint mesures de seguretat, tant des del punt de vista de l'empresari com de l'usuari final, mitjançant camps de contrasenyes reservats en memòria. En aquest sentit, les etiquetes UHF Gen2 (estàndard aprovat el desembre de 2004), inclouen les comandes LOCK, que evita la modificació del contingut de l'etiqueta després de la seva aplicació, i la comanda KILL que deshabilita les etiquetes tornant-les a un estat inactiu permanent, evitant que puguin tornar a ser detectades un cop els objectes als que acompanyen, hagin estat comprats pel consumidor.

Finalment, actualment hi ha altres línies de desenvolupament que cerquen la integració de la tecnologia RFID amb altres tecnologies o equips de transmissió ràdio, de manera que la identificació única dels elements que ofereix RFID permeti també, autenticació i integració automàtica dels equips.

2.2 Sistemes de recomanació

Els sistemes de recomanació s'han convertit avui en dia en una àrea important d'investigació, des de l'aparició dels primers treballs sobre filtratge col·laboratiu a mitjans de la dècada dels 90 [4], [5]. En la darrera dècada, s'ha realitzat molta feina tant per part de la indústria com per part del món acadèmic, centrada en el desenvolupament de nous enfocaments de sistemes de recomanació. La gran quantitat d'aplicacions pràctiques existents ha fet que l'interès en aquesta àrea sigui sent alt. Els fets que s'enumeren a continuació, constaten l'interès creixent:

- Els sistemes de recomanació juguen un paper molt important en llocs d'internet tant importants com Amazon [6], YouTube, Netflix, Movielens [7], Yahoo, Tripadvisor, Last.fm i IMDb, entre d'altres. No només són importants en grans companyies, moltes companyies mitjanes estan desenvolupant i desplegant sistemes de recomanació com una part important dels serveis que presten als

seus subscriptors. Un dels sectors que està apostant fort en l'ús d'aquests sistemes, és el de moda-tèxtil.

- Hi ha conferències i tallers especialitzats relacionats en aquest camp. Destacar especialment *ACM Recommender Systems (RecSys)*, establert el 2007 i actualment és el principal esdeveniment anual en investigació i aplicacions de la tecnologia de recomanació.
- A les institucions d'educació superior de tot el món, hi ha molts cursos completament dedicats als sistemes de recomanació. Fins i tot, hi ha publicacions realitzades per les mateixes universitats que tracten aquesta temàtica. El llibre "*Recommender Systems An Introduction*" [8], n'és un exemple.
- Hi ha també, diversos números especialitzats en revistes acadèmiques que cobreixen investigacions i desenvolupaments en el camp dels sistemes de recomanació. Entre les revistes hi ha: *ACM Transactions on Information Systems*, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, *AI Communications*, *IEEE Intelligent Systems*, *International Journal of Computer Science and Applications*, *International Journal of Electronic Commerce*, etc.

Tot i els notables avenços realitzats, encara es requereixen noves millores per a què els mètodes de recomanació siguin més eficaços i es puguin aplicar a una gamma encara més àmplia d'aplicacions de la vida quotidiana. Aquestes millores inclouen nous mètodes per a representar el comportament de l'usuari, així com informació addicional relacionada amb les seves recomanacions. Es pretén aconseguir sistemes de recomanació menys intrusius, més flexibles i en definitiva més eficients.

A continuació es descriu breument, els principals reptes en el desenvolupament de la investigació sobre els sistemes de recomanació:

- L'escalabilitat dels algorismes amb conjunts de dades grans i reals. Una de les qüestions fonamental pels sistemes de recomanació és com tractar amb conjunts massius i dinàmics de dades produïdes per les interaccions dels usuaris amb els objectes, ja sigui per la incorporació de qualificacions, preferències, opinions, etc. Una solució que funciona bé en conjunt de dades relativament petites, pot arribar a ser ineficaç o fins i tot inaplicable en grans bases de dades. Hi ha un gran nombre d'estudis que treballen en aquesta línia [9], [10], [11].
- Sistemes de recomanació proactius, és a dir, que el sistema decideixi realitzar recomanacions encara que no li sigui explícitament demanada [12], [13]. En els escenaris d'avui dia, on els usuaris estan sempre connectats, els sistemes de recomanació poden detectar peticions implícites. En aquest sentit, no només és important què recomanar, si no quan i com col·locar les seves recomanacions.
- Els sistemes de recomanació han de preservar la privacitat [14], [15]. En l'intent de realitzar millors recomanacions, els sistemes de recomanació exploten cada cop més i més quantitat de dades referent a l'usuari, això tindrà clarament un impacte negatiu sobre la privacitat dels usuaris i els usuaris podrien començar

a percebre que el sistema sap masses coses sobre les seves preferències. En aquest sentit, hi ha la necessitat de dissenyar solucions que siguin sensibles amb les dades de l'usuari i que paral·lelament, tot coneixement relatiu als usuaris no es pugui accedir lliurement per usuaris maliciosos.

- Diversitat d'elements recomanats a un usuari objectiu [16], [17]. En una llista de recomanacions, és més probable que l'usuari trobi un element adequat si hi ha un cert grau de diversitat entre els elements de la llista. Encara no hi ha molts avenços en les investigacions sobre aquest tema, hi ha la necessitat de caracteritzar la naturalesa d'aquesta diversitat, per tal de combinar la diversitat amb l'exactitud de la recomanació.
- Integració de les preferències dels usuaris a llarg i curt termini en el procés de construir una llista de recomanacions [18]. En aquest sentit els sistemes de recomanació es poden dividir en dues classes, els que construeixen un perfil a llarg termini, generat per l'agregació de totes les dades recollides a altres usuaris (com per exemple en el filtratge col·laboratiu), i els que es centren més en la captura de les preferències efímeres de l'usuari. Els dos aspectes són importants, i és per això que noves investigacions es centren en construir models híbrids que decideixin correctament quin tipus de preferències cal tenir en compte en cada cas.
- Models d'usuari genèrics i els sistemes de recomanació de domini creuades són capaços d'intervenir en les dades de l'usuari a través de diferents sistemes i dominis d'aplicació [19].
- Sistemes de recomanació distribuïts que treballen en xarxes obertes [20], [10]. El model computacional de la majoria dels sistemes de recomanació és basa en una arquitectura típica de client-servidor (escenari centralitzat). La limitació que això representa fa que apareguin escenaris de malla o de computació en el núvol, que poden arribar a ser una excel·lent oportunitat per crear sistemes de recomanació més flexibles.
- Sistemes de recomanació que optimitzin una seqüència de recomanacions [21], [22]. Es demostra que la implementació de les capacitats d'aprenentatge en els sistemes de recomanació poden optimitzar les seves recomanacions.
- Sistemes de recomanació dissenyats per a funcionar en dispositius mòbils i contextos d'ús [23], [24]. La informàtica mòbil s'està convertint en la plataforma d'ús més natural per a la informàtica personal. Moltes recomanacions estan enfocades a usuaris en moviment, per això és necessari que la interfície d'usuari i el disseny de la solució sigui també mòbil, utilitzant de manera eficient els recursos dels dispositius mòbils.
- El valor de temps de les recomanacions. Un conjunt de recomanacions podria no ser aplicable sempre, podrien ser aplicables durant un interval de temps concret. En aquest sentit, en alguns casos els sistemes de recomanacions caldrà que siguin sensibles al context.

Finalment, val a dir que els avenços realitzats venen pràcticament del món acadèmic, ja que la gran indústria no està massa interessada en la cooperació, ja que no volen desvetllar als seus competidors informació que creuen crítica.

2.3 Treballs en més detall

L'ús de la tecnologia RFID en les cadenes de subministrament actualment és un fet, tot i que és difícil quantificar el nivell d'implantació arreu del món. Si ens remuntem 10 anys enrere, trobem ja estudis on s'avaluen els pros i els contres de l'ús de RFID en aquests escenaris. Destacar un treball realitzat Katina Michael i Luke McCathie (2005) [25]. La idea precisament d'aquest treball va ser presentar els avantatges i inconvenients de l'ús de la identificació per radiofreqüència (RFID) en la gestió d'una cadena de subministrament. Entre les conclusions extretes, s'apunta ja aleshores, els avantatges de RFID respecte el seu predecessor (i encara el major competidor), el codi de barres. Avantatges que se centren en el fet de que no requereix línia de visió en la lectura, redueix la mà d'obra, millora la visibilitat i la gestió d'inventaris. El principal inconvenient que es plantejava del sistema RFID era el seu preu, considerat per moltes empreses com a prohibitiu. Aquest fet feia aleshores, que l'ús d'aquesta tecnologia es tractés com un element relativament nou i poc documentat, amb un número limitat de desplegaments. Ja en articles més recents, com el de Ilias P. Vlachos (2013) [26], va estudiar l'impacte de les pràctiques de l'ús de RFID en el rendiment de la cadena de subministrament minorista, i informava de que RFID podria millorar el rendiment dels sistemes de distribució, incloent els articles enviats i l'inventari en trànsit en un 33,8%, i la disponibilitat d'estoc en un 45,6%.

El treball de Roussos, G. (2006) [27], ja dibuixava un escenari de compra en un espai comercial acompanyada d'un carret que integrava un sistema RFID. Aquest carret intel·ligent era capaç de reconèixer tots els productes que hi havia en el seu interior i mostrar informació i promocions relacionades amb aquests. Ja al 2006 és plantejava l'escenari de que fossin els telèfons mòbils els que en un futur podrien dur a terme aquestes funcions. El desplegament d'etiquetes RFID en tots els productes, també permetria punts de caixes ràpides capaces d'escanejar tots els productes a la vegada. S'apunta una extensió d'aquest sistema que consistiria en integrar dispositius RFID en les targetes de fidelitat dels clients, el que permetria identificar-los i agilitzar el procés de compra.

Hi ha altres enginys basats en RFID que estan directament relacionats amb les botigues de roba, concretament el treball de Suung Boo Chung (2014) [28], precisament proposa un sistema de perxa intel·ligent basada en la tecnologia RFID. El sistema està format per un dispositiu LCD, un LED, un sensor, l'etiqueta RFID i el lector RFID. El sistema utilitza una comunicació sense fils per rebre les dades d'un servidor, que recull el número de vendes que s'han comptabilitat de l'article de la perxa, i també, del número de "m'agrades" (equivalent al concepte utilitzat per Facebook) que han realitzat diferents usuaris per Internet. Aquestes dades es mostren en el display LCD que conté cada perxa. Paral·lelament, des d'una aplicació es poden realitzar cerques d'articles que el sistema s'encarregarà de determinar la seva localització mitjançant el LED que hi ha en cada perxa. En definitiva, es tracta d'un enginy que utilitza la tecnologia RFID per tal de facilitar les compres i incrementar les vendes.

Seguint amb la línia d'aquest treball, l'ús de la tecnologia RFID, ha estat la base de molts treballs que han incorporat assistents intel·ligents de compres i sistemes de recomanació, per tal d'incorporar un nou model de negoci. El treball de Lin Yu-Chu, Yuusuke Kawakita, Etsuko Suzuki i Haruhisa Ichikawa (2012) [29], presenta un sistema que suggereix combinacions personals tenint en compte el seu armari, o sigui, realitza les recomanacions sobre els articles personals i en base a preferències personals i no tenint en compte el comportament d'altres usuaris.

Un exemple més recent d'assistent intel·ligent que és fonamenta també amb l'ús de l'etiquetatge RFID és el de Chia-Chen Chen, Tien-Chi Huang, James J. Park, Huang-Hua Tseng i Neil Y. Yen (2015) [30]. En aquest treball es detalla l'ús de la tecnologia RFID en un entorn d'un minorista d'electrodomèstics per a la llar, on s'incorpora un assistent intel·ligent, implementat en un dispositiu mòbil, que permet als consumidors localitzar fàcilment qualsevol producte, mostrar informació detallada del mateix, i a més, proporciona recomanacions en temps real d'acord amb els interessos d'altres consumidors.

Un altre exemple recent i centrat en comerç minorista de roba (objecte d'aquest treball), és el de S.H. Choi, Y.X. Yang, B. Yang i H.H. Cheung (2015) [31]. Aquest treball va una mica més enllà, i determina la col·locació de roba de manera automàtica per a promoure les vendes. Els sistemes RFID s'instal·len per a capturar el comportament de compra del client i les seves preferències, dades que són especialment útils per a la empresa per a la presa de decisions i la comercialització de manera proactiva, que en definitiva millorin el negoci. En l'article, es descriu una botiga de roba equipada amb estanteries amb RFID, quioscos amb RFID, etiquetes RFID i punt de venda RFID.

Centrant-nos únicament amb l'ús de sistemes de recomanació, però també relacionats amb la temàtica d'aquest treball, s'ha cregut interessant fer esment del treball de Bo Beogle, Takashi Matsumoto, Wei Zhang, Nicolas Yee, Juan Liu i Maurice Chu (2009) [32], pel que té d'innovador. En aquest treball, s'experimenta amb el disseny del que es podria entendre com un mirall sensible. Basat en la tecnologia de vídeo preparada per un emprovador de roba, que permet al client combinar la seva imatge amb la peça de roba que duu amb altres imatges del client amb altres peces de roba. Seguint en aquesta línia d'innovació, i no deixant aquesta temàtica hi ha el treball de Liu, Luoqi Liu, Shuicheng Yan (2013) [33]. En aquest treball es presenta un conjunt de tècniques per a desenvolupar un futur sistema, anomenat *Magic Mirror*. Aquest sistema, recomana automàticament quin estil de pentinat, maquillatge i vestit és el més adequat tenint en compte els esdeveniments i activitats que un té en el seu calendari.

Finalment, per tancar aquest apartat, destacar i esmentar un treball de Benny Tieu i Brian Ye (2015) [34], que s'ha utilitzat com a base per a realitzar la part d'implementació en aquest treball, on el seu propòsit és realitzar una implementació d'un algoritme típic de recomanació dins del grup de filtratge col·laboratiu, concretament el Slope One, que es tracta d'una versió simplificada de regressió lineal, i una modificació d'aquest, que és el Weighted Slope One.

3. La botiga

3.1 La imatge

La imatge de l'establiment és avui dia un dels punts més importants a tenir en compte. No serveix de res tenir els millors productes, els millors preus, i un servei d'atenció al client especialitzat, que com la tenda no despertí interès, els clients no arribaran a comprovar-ho. Cal que l'establiment doncs, provoqui una atracció als possibles clients que passin per davant. No només hem de tenir en compte el disseny i la decoració de l'exterior de la botiga, cal prestar molta atenció en el seu disseny interior. A continuació destaquem dues claus a tenir en compte i que estan molt relacionades amb el contingut de fons d'aquest treball:

- **Interacció client-espai-personal:** Com a punt de partida, cal tenir molt clar que és el que volem, o més ben dit, com ens interessa que els nostres clients interactuïn amb el nostre espai i els nostres productes. D'aquesta interacció, sorgiran la majoria de sensacions que tindrà el client. Cal dotar d'espais en els quals el client pugui auto atendre's, i aquí és on entra en joc, l'espai dels emproadors, que és la part principal on s'ha enfocat aquest treball. La possibilitat de que des de l'emproador el client pugui consultar fàcilment les característiques d'un producte en concret, de productes similars (recomanats), així com comprovar si hi ha talles disponibles, altres colors, i on poder localitzar-los, tot plegat aporta una atenció més cuidada i més personalitzada. Tot des d'un control que els clients no percebin com a excessivament proper. En definitiva, busquem dotar al client d'una experiència de compra diferent, i a la vegada més rica.
- **Disposició i col·locació dels productes:** Un altre punt a tenir molt en compte i que també està relacionat amb el punt anterior, és com i de quina manera col·loquem els productes en la nostra tenda. És molt important de quina manera s'exposen els productes i com es guarden. Cal dissenyar expositors intuïtius, agrupant bé els productes per tipologies, colors, tendències o qualsevol altre mètode que ens interessi. Cal també, agilitzar la localització dels productes, tant per part del client com per part del personal de la botiga. Són en aquests aspectes descrits anteriorment, on la solució descrita en aquest treball, la tecnologia RFID, ens permet donar una resposta global. L'etiquetatge RFID de tots els productes, ens permet saber en qualsevol moment, fins i tot en temps real si ens interessen, la localització de tots i cadascun dels productes de la tenda. Això ens permetrà fàcilment determinar quins productes estan correctament col·locats en el lloc que els hi correspon (atenent a qualsevol criteri que s'extrau de la mateixa informació de que disposem del producte), quins productes tenim en el magatzem, quins són els productes que més han escollit els clients per endur-se als emproadors, etc. En definitiva, el que ens aporta és un control total i exhaustiu de tot l'estoc de la tenda, i fins i tot del seu "comportament".

3.2 Solucions per impulsar el rendiment de la tenda

Els canvis en els hàbits i les expectatives dels compradors estan suposant nous reptes de cara als negocis de venda al detall, en el seu intent de buscar formes per a crear una experiència atractiva per al consumidor al mateix temps que milloren el rendiment de la seva tenda.

A continuació es presenten un conjunt de solucions que tenen com a finalitat transformar els visitants de la tenda en compradors, tot en un marc de treball innovador:

- **Control dels productes i prevenció de pèrdues:** L'etiquetatge RFID de tots els productes ens permet dissuadir el robatori, protegir els marges, mantenir la disponibilitat del producte. Paral·lelament, aquest etiquetatge en aportarà uns beneficis directes i indirectes com són:
 - Millora de l'eficàcia.
 - Disponibilitat total.
 - Optimització i millor rendiment general de la tenda.
 - Una millor experiència del procés de compra.
- **Visibilitat de l'inventari:** Relacionat també amb l'etiquetatge RFID, aquest sistema ens permet tenir un control exacte pràcticament del 100% dels productes. La incorporació de lectors en diferents punts de la tenda, ens permetrà captar, interpretar i respondre a informació clau sobre l'inventari.
- **Comptabilització de persones:** Cal entendre el comportament del comprador per analitzar els efectes de les seves accions en la tenda. Això permetrà augmentar l'índex de conversió i optimitzar la distribució de la tenda, la col·locació dels productes i l'eficàcia de les campanyes de màrqueting. En definitiva, cal entendre què és el que converteix a un visitant en un comprador, fet que ens ajudarà a prendre les millors decisions de negoci per a millorar l'experiència de compra i així augmentar les vendes mitjançant l'optimització de tots els recursos dels que disposem. Les solucions tecnològiques ajuden a:
 - Augmentar la conversió de visitants a compradors.
 - Optimitzar la gestió de les cues.
 - Fer un seguiment de on i quan s'aturen els consumidors.
 - Millorar la planificació del personal.
- **Integració dels canals de venda:** Cal definir una estratègia que inclogui tots els canals. S'han d'integrar amb èxit tots els canals de venda dins d'una estratègia completa. Això passa per dotar al negoci d'aplicacions orientades als clients que facilitin, agilitzin i millorin l'experiència de compra. Una solució que dona resposta aquesta integració, és l'aplicació instal·lada en cadascun dels emproadors en una pantalla tàctil, que complementa i enriqueix l'experiència de compra, i a la vegada comparteix un motor de recerca de productes i realitza recomanacions, que s'utilitzen també en la tenda virtual.

3.3 Disseny de l'interior de la botiga

Entrant en detall del disseny de l'interior de la botiga, s'ha volgut presentar un disseny de com seria la botiga de roba objecte d'aquest treball. Partint doncs d'un escenari totalment imaginari, s'ha definit un local de dues plantes amb una superfície total aproximada de 720 m².

La planta baixa (a peu de carrer) s'ha destinat a la secció de dones (d'uns 213 m²), a la de nens (d'uns 54 m²), juntament amb una zona d'emprovadors, 6 concretament (d'uns 4 m² cadascun). En les diferents seccions s'han distribuït els estants destinats a la col·locació dels productes. La col·locació dels diferents articles es realitza seguint un criteri establert, i cada subsecció està clarament identificada amb un rètol amb un text descriptiu. També s'ha reservat l'espai per l'aparador (d'uns 14.5 m²), i per a les caixes. En aquesta planta també s'hi ha col·locat un lavabo (d'uns 5.5 m² aprox.), les escales i l'ascensor per a poder pujar a la primera planta. En el dibuix, s'ha volgut destacar la ubicació dels diferents dispositius tecnològics en què es basa tot el treball aquí descrit. Concretament, s'ha col·locat un lector RFID amb antena integrada, en cada un dels emprovadors. De manera que permeti identificar de manera automàtica dues coses, quina peça de roba el client s'ha endut a l'emprovador, i si aquest client és un client registrat que duu la tarja identificativa a sobre. Dins de cada emprovador, també s'hi ha col·locat una pantalla plana tàctil, que guiarà al client en l'experiència de compra. L'accés principal a la tenda, així com l'accés a la zona destinada als emprovadors, està controlada per un portal RFID, que permet saber en qualsevol moment, quins articles estan a una banda i l'altra del portal, poden així realitzar tot tipus de gestions. El cas més evident, està en controlar la sortida de productes del local que no s'hagin comprat (detecció de robatoris). Finalment, en cada una de les 3 caixes que s'han col·locat en aquesta planta, s'ha destinat un espai per un lector (un per cada caixa) RFID encastat. Aquest lector, realitzarà la gestió de les compres, identificant tots els productes seleccionats pel client a l'hora de formalitzar la compra.

El cas de la primera planta, té la mateixa estructura i superfície que la planta baixa. Aquesta però està destinada principalment a la secció d'homes (d'uns 190 m²) i a una secció privada destinada a magatzem (d'uns 68 m² aprox.) i equipament informàtic on hi haurà el *rack* de comunicacions i el servidor intern (amb uns 5.5 m² aprox.). La zona destinada a magatzem està controlada per un portal (individual) RFID, que ens permet tenir controlat quins articles hi entren i surten. A dins, els articles estan col·locats i agrupats convenientment, per facilitar la localització dels articles. També disposa de la zona d'emprovadors (amb 6 emprovadors), amb la mateixes dimensions, continguts i funcionament, que els descrits en la planta baixa. També hi ha un lavabo (aquest és de 4 m² aprox.) per a l'ús del personal de l'establiment, i la zona destinada a l'escala (accés entre les dues plantes) i l'ascensor. La secció d'homes, també consta d'estants i espais (identificats amb rètols descriptius) on es distribueixen els articles seguint una classificació establerta. Aquesta planta també disposa d'una zona de caixes, amb també 3 caixes exactament igual que les existents en la planta baixa.

En l'apartat destinat als Annexos, concretament en darrer apartat d'aquest treball, s'ha inclòs els plànols realitzats en AutoCAD, de les dues plantes de que consta la botiga de roba.

4. Articles i etiquetatge

4.1 Classificació i atributs dels articles

En primer lloc, apuntar que hi ha múltiples classificacions possibles dels articles en una tenda de roba. A continuació es descriu una possible classificació, però que lògicament segons les peculiaritats i l'enfoc de cada de negoci, hi haurà altres opcions de classificació més adients.

El principal atribut i el primer classificador (*classificador1*) d'un article de la tenda de roba és per a qui va destinada. Així doncs tindrem que el seu destinatari sigui:

- Dona
- Home
- Nena
- Nen

Un altre atribut interessant per a la classificació dels articles (*classificador2*) és segons per quines parts del cos s'utilitzen:

- Peces de vestir per a la part superior del cos
- Peces de vestir per a la part inferior del cos
- Vestits i conjunts
- Accessoris i complements
- Sabates

Dins dels grups anteriors podem realitzar més subgrups i per tant noves classificacions. En la implementació utilitzada en aquest treball, s'han utilitzat fins a tres nous classificadors (*classificador3*, *classificador4* i *classificador5*) que en aquest cas, varien els seus possibles valors segons el valor del *classificador2*. Així per exemple, en el cas de "Peces de vestir per a la part superior del cos", els possibles valors que pot prendre el tercer classificador serien:

- Jaquetes i abrics
- Samarretes
- Polos
- Tops
- Camises
- Suadores
- Jerseis

En el cas, de les "Peces de vestir per a la part inferior del cos", el mateix *classificador3*, els possibles valors que pot prendre serien:

- Faldilles
- Pantalons
- Texans

Si agafem per exemple un cas concret d'atribut del grup *classificador3*, com els "tops" de les dones, els possibles valors corresponents al *classificador4* podrien ser:

- Camisa
- Brusa

Seguint amb l'exemple anterior, una nova classificació (*classificador5*), seria:

- Màniga curta
- Màniga llarga
- Sense mànigues

No tots els articles utilitzaran tot el conjunt dels 5 classificadors, els que sí que són "obligatoris" són els tres primers.

Lògicament, tots els articles encara podrien tenir altres classificacions, però pel que fa a l'estructura de dades utilitzada en aquest treball i el seu propòsit, ja s'entén com a suficient.

Un atribut que també cal incorporar en un article de roba és el color (principal), on els possibles valors podrien ser:

- Blanc, lavanda, plata, gris, groc, or, taronja, vermell, rosa, porpra, blau, anyil, verd, negre, ...

Un altre atribut relacionat amb l'aspecte de la peça de roba és el motiu, on els possibles valors podrien ser:

- Llis, ratlles, quadres, estampats, ...

Un conjunt d'atributs que s'ha considerat important per a caracteritzar els diferents articles, són els materials utilitzats en la seva fabricació. Així doncs, s'ha escollit un conjunt de 10 atributs relacionats amb els materials més habituals, i d'aquesta manera, es pot quantificar el percentatge (de 0 a 100%) d'un material concret utilitzat per a la fabricació de cada article. Els 10 atributs que s'han considerat en aquesta implementació són el següents:

- Acrílic
- Altres fibres
- Cotó
- Cuir
- Elastà
- Llana
- Pell imitació
- Poliamida
- Polièster
- Viscosa

Un atribut o propietat que caracteritza una peça de roba és la talla, que a la vegada està relacionat directament amb per a qui va destinada:

Talles de roba per a nenes i nens:

- Segons les edats tenim 3/4, 5/6, 7/8, 9/10, 11/12, 13/14

Talles de roba per a dones i homes:

- per a la part superior del cos poden ser: XS, S, M, L, XL, XXL
- per a la part inferior del cos poden ser números que van de la 32 a la 46

Talla de les sabates per a nenes i nens

- del número 24 al 36

Talla de les sabates per a dones i homes

- del número 36 al 45

Per realitzar un control integral de l'estoc, cal tenir també emmagatzemat el número d'articles iguals que hi ha de cada peça. D'aquesta manera si d'un article concret (amb talla concreta) no hi ha estoc, no tindrà sentit que aquest article es recomani a una persona en concret que es troba dins de la tenda (en l'emprovador). En qualsevol cas, el control de l'estoc, no és un funció que s'ha desenvolupat en aquest treball, ja que no és focus d'aquest.

4.2 Sistema d'etiquetatge

Pel que fa al sistema d'etiquetatge, el que es pretén és bona part dels atributs de l'article definits anteriorment, formin part de la codificació de l'etiqueta o dit d'una altra manera, determinarà l'identificador de l'article. La informació emmagatzemada i per tant la longitud d'aquest identificador de l'article estarà condicionat també, pel sistema d'etiquetatge utilitzat. A continuació es discuteix quin sistema d'etiquetatge és el més adient.

4.2.1 RFID vs Codi de Barres

El codi de barres ha sigut (durant els darrers 25 anys) el principal mitjà d'identificació i ha provat ser molt efectiu, no obstant, té les seves limitacions. Els paràmetres a considerar quan es comparen els dos sistemes són, la capacitat de llegibilitat, la rapidesa en la lectura, la durabilitat de l'etiqueta, la quantitat d'informació, la flexibilitat de la informació, els costos de la tecnologia i els estàndards.

- **Mètode de lectura:** Els lectors òptics de codis de barres requereixen una verificació visual directe. La identificació es realitza objecte a objecte, o sigui, un a un. Pel que fa als lectors RFID, aquests no requereixen línia de visió per a obtenir la informació de l'etiqueta, amb això podem identificar objectes dins de caixes sense necessitat d'obrir-les, ja que el senyal de la freqüència de ràdio és capaç de viatjar a través de la majoria dels materials. Un lector RFID permet distingir i interactuar amb una etiqueta individual tot i que múltiples etiquetes es trobin dins del rang del lector. Per contra, les etiquetes que no responen per qualsevol motiu requereixen d'una cerca manual i una posterior verificació.
- **Velocitat de lectura:** Les etiquetes RFID poden ser llegides més ràpidament que les etiquetes de codis de barres, de l'ordre de 1.000 per segon o més.

- **Durabilitat:** Les etiquetes RFID poden ser inserides en substrats de plàstic dur o altres materials per a augmentar la protecció. Tot i ser més duradores que les etiquetes de codi de barres, les dues depenen de l'adhesiu que les manté intactes i enganxades a l'objecte. El punt feble de les etiquetes RFID és el punt d'unió de l'antena amb el xip, ja que un tall que malmeti aquest punt d'unió inutilitzaria l'etiqueta, mentre que el codi de barres només es veuria lleugerament afectat.
- **Emmagatzemament de dades:** El codi UPC (codi universal de producte, utilitzant en els codis de barres) identifica la classificació d'un objecte genèric, però el codi EPC (codi electrònic de producte, utilitzat en RFID) permet identificar un objecte de forma individual mitjançant un número de sèrie assignat. Les etiquetes RFID contenen varis kilobits de memòria, aquesta capacitat d'emmagatzemament de dades permet disposar d'una petita base de dades portàtil d'informació en cada etiqueta, permetent que sigui fàcilment rastrejada amb dades de país de fabricació, del fabricant, la línia de producció, la data de producció ...
- **Flexibilitat d'informació:** Les etiquetes RFID són capaces de realitzar operacions de lectura i escriptura, permetent l'actualització de la informació en temps real d'un objecte. Això és dóna també, la possibilitat de reutilitzar-les.
- **Redundància de la informació:** La informació continguda en una etiqueta RFID només pot ser obtinguda a través d'un lector preparat per a rebre aquestes dades. El codi de barres en canvi, tenen habitualment un format llegible de caràcters adjunts, que permet recuperar de manera directe la informació en cas de hi hagi un error en la lectura. En aquest sentit una combinació d'etiqueta RFID i codi de barres ens aportaria part de redundància i integritat de la informació.
- **Costos:** El costos derivats de l'ús de l'etiquetatge RFID, ja sigui en equipament (impressores, lectors, antenes i etiquetes) i en serveis professionals, són molt superiors als de l'etiquetatge amb codis de barres.
- **Conclusions:** Les conclusions que podem extreure de tot el que s'ha apuntat anteriorment, és que l'ús de les etiquetes RFID aporta avantatges significatives respecte l'ús dels codis de barres en tots els sectors industrials, si bé el cost és el gran inconvenient. És per això, que cal justificar l'ús de les etiquetes RFID amb un retorn en la inversió, retorn que davant de l'escenari que es descriu en aquest treball està justificat.

4.2.2 Codificació RFID

L'ús de les etiquetes RFID va més enllà del tema logístic, ja que ens permet dotar d'informació addicional que caracteritza en més detall l'article etiquetat. En aquest sentit, el codi de producte electrònic (codi EPC) és un número dissenyat per identificar de manera unívoca qualsevol objecte. Permetrà identificar el producte en el sistema, així com realitzar el seu seguiment en temps real. Es considera com al evolució del codi EAN (a nivell europeu) o el codi UPC (a nivell americà).

La estructura del codi electrònic de producte (EPC) està perfectament detallat en la web de *EPCglobal Inc*, que és la entitat que gestiona tots els aspectes referents a l'EPC, i que proporciona a les empreses que el sol·liciten un codi únic per a cada producte.

Aquesta codificació és ideal per a ser utilitzada en circuits integrats RFID, ja que aquests venen preparats per emmagatzemar un codi EPC de 96 bits. En aquest bits d'informació, s'emmagatzemen les següents dades:

- 8 bits per a la capçalera que identifica la versió del protocol.
- 28 bits per a identificar l'organització que gestiona les dades de l'etiqueta (aquesta dada és assignada pel consorci *EPCglobal*).
- 24 bits per a representar una classe d'objecte i identificar el tipus de producte.
- 36 bits per a representar un número de sèrie únic per a una etiqueta en particular.

Els dos darrers camps són establerts per l'organització que emet l'etiqueta, de manera que amb aquests 24 + 36 bits, podem utilitzar-los per incloure la "nostra" codificació dels productes basant-nos en el codi del producte que es detalla en el capítol 6.

5. Sistema RFID

5.1 Descripció dels components d'un sistema RFID

Un sistema RFID està format per bàsicament tres components:

- **Etiqueta RFID o transponedor:** Element que està adherit a l'objecte a etiquetar, que té la capacitat d'emmagatzemar informació i transmetre-la. Està format per un microxip integrat i una microantena impresa. La transmissió es realitza per radiofreqüència (RF) a un lector RFID quan l'etiqueta passa pel camp creat per les antenes. Actualment existeixen dos tipus d'etiquetes:
 - **Etiquetes passives:** Aquestes etiquetes no tenen una font d'energia integrada. Mitjançant l'acoblament inductiu (corrent elèctric mínim) són capaces de rebre passivament l'energia que transmet el lector, i d'aquesta manera poden emetre la informació que contenen. S'utilitzen per productes massius, ja que tenen un cost molt baix. Tenen un abast limitat, que en general està comprès entre els 10 cm i els 2 o 3 metres.
 - **Etiquetes actives:** Aquestes etiquetes tenen una font d'energia (bateria) en el seu interior. Aquesta bateria els permet tenir una vida útil de uns quants anys. També permet, que siguin detectades a gran distància i velocitat. El seu preu és però, més elevat que el de les etiquetes passives. Gràcies a la font d'energia són capaces de transmetre senyals més potents que les etiquetes passives, de manera que són més eficients en entorns dificultosos per a la radiofreqüència. També són efectives a distàncies superiors, podent generar respostes clares a partir de recepcions dèbils.
 - **Etiquetes semipassives:** Aquestes etiquetes tenen també una font d'alimentació pròpia, encara que en aquest cas s'utilitza principalment per alimentar el microxip i no per a transmetre el senyal al lector. L'energia continguda en la radiofreqüència es reflexa cap al lector com en una etiqueta passiva. Aquestes etiquetes responen més ràpidament, pel que són més forts en el ràtio de lectura que les etiquetes passives, tenen una fiabilitat comparable a les etiquetes actives i major duració, a la vegada que poden mantenir el rang operatiu d'una etiqueta passiva.

La memòria integrada en el xip de l'etiqueta, pot ser de diferents tipus:

- **Només lectura:** El codi d'identificació que conté és únic i és personalitzat durant la fabricació de l'etiqueta.
- **De lectura i escriptura:** La informació d'identificació pot ser modificada pel lector.
- **Anticol·lisió:** Es tracta d'etiquetes especials que permeten que un lector identifiqui varies etiquetes al mateix temps (habitualment les etiquetes han d'entrar una a una en la zona de cobertura del lector).

- **Lector RDIF o transceptor:** Són dispositius electrònics que capturen la informació de les etiquetes i la processa digitalment cap a la capa de *middleware*. Està format per una antena, un transceptor i un descodificador. El lector envia periòdicament senyals per veure si hi ha alguna etiqueta en el seu camp d'abast. Quan capta un senyal d'una etiqueta (el qual conté la informació d'identificació d'aquesta), extrau la informació i la passa al subsistema de processament de dades.
- **Subsistema de processament de dades o *middleware* RFID:** Peça del sistema informàtic capaç de rebre la informació emesa pels lectors i passar-la al sistema de gestió de l'empresa. Proporciona per tant, els mitjans de procés i emmagatzemament de dades.

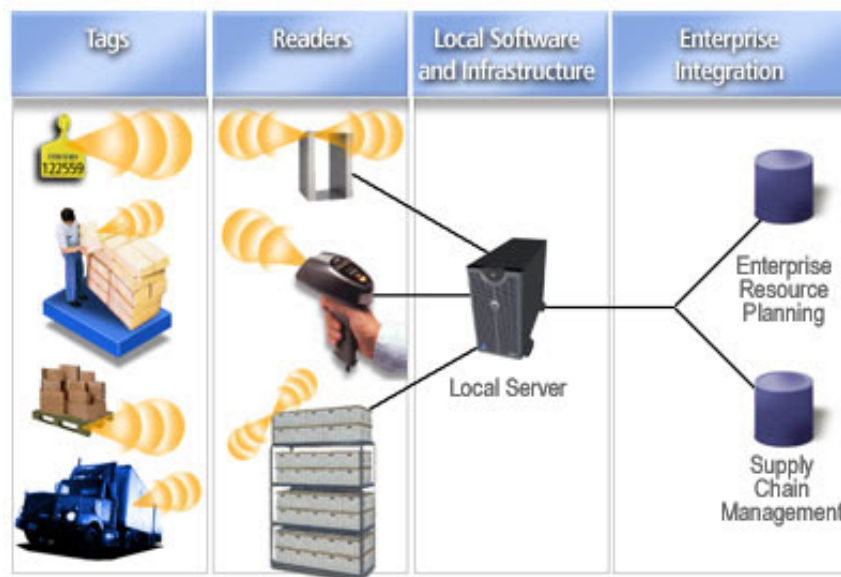


Figura 5.1.1 Components d'un sistema RFID.²

Les etiquetes RFID es poden agrupar en tres categories basades en el rang de freqüències que utilitzen per comunicar les dades: de baixa freqüència (LF), d'alta freqüència (HF) i d'ultra alta freqüència (UHF). En termes generals, com menor és la freqüència del sistema RFID, s'escurça el rang de lectura i a la vegada s'alenteix la velocitat de lectura de les dades. A continuació es descriuen les característiques principals d'aquestes tres categories:

- **RFID de baixa freqüència (LF):** Aquests sistemes cobreixen la banda de freqüències d'entre 30 i 300 KHz. Típicament operen a 125 KHz, encara que n'hi ha que operen a 134 KHz. Tenen un rang de lectura més curt (al voltant dels 10 cm) i velocitats de lectura més lentes que les de freqüències més altes. Tenen però, un millor rendiment en presència de metalls o líquids. Els estàndards per RFID LF inclouen ISO 14223 i ISO/IEC 18000-2. Les etiquetes RFID LF s'utilitzen habitualment per als controls d'accessos, seguiment de bestiar, i altres aplicacions de curt abast.

² Figura amb tots els components d'un sistema RFID. Imatge extreta d'un blog de la "Escuela de organización industrial" <http://www.eoi.es>.

- **RFID d'alta freqüència (HF):** Aquests sistemes cobreixen la banda de freqüències d'entre 3 i 30 MHz. La majoria de sistemes operen a 13.56 MHz. Tenen un rang de lectura que va dels 10 cm a 1 m. Experimenten sensibilitat moderada a les interferències. Hi ha diversos estàndards per RFID HF, com l'estàndard ISO 15693 per al seguiment d'objectes i l'ECMA-340 i ISO/IEC 18092 per NFC, una tecnologia de curt abast que s'utilitza per a l'intercanvi de dades entre dispositius. Altres normes com la ISO/IEC 14443 A i ISO/IEC 14443 per a la tecnologia MIFARE, que s'utilitza per a targetes intel·ligents i targetes de proximitat, i finalment norma JIS X 6319-4 per FeliCa, que és un sistema de targeta intel·ligent utilitzada en targetes de crèdit.
- **RFID de molta alta freqüència (UHF):** Aquests sistemes cobreixen la banda de freqüències d'entre 300 MHz i 3 GHz. Tenen un rang de lectura de fins a 12 m, i tenen taxes de transferència de dades més ràpides. Són més sensibles a les interferències dels metalls, líquids i senyals electromagnètics, val a dir però, que les darreres innovacions en el disseny, han ajudat a mitigar alguns d'aquests problemes. Les etiquetes UHF són molt més econòmiques de fabricació, per tant, s'utilitzen comunament en el seguiment d'inventari al detall, sistemes antifrau, i altres aplicacions on es requereixen grans volums d'etiquetes. L'estàndard EPCglobal Gen2/ISO 18000-6C és un estàndard global per aplicacions de seguiment a nivell d'objecte.

5.2 Tecnologia RFID en la botiga de roba

En la botiga de roba, s'ha optat per l'ús de la tecnologia RFID per tots els motius detallats en l'apartat anterior. Aquesta tecnologia està formada per diferents components. En el cas de la botiga que es presenta en aquest treball, el component principal són lògicament les etiquetes RFID que es col·locaran en tots i cadascun dels productes de la botiga. A continuació es detalla el tipus d'etiqueta escollida:

- **Etiqueta RFID UHF passiva** obtinguda mitjançant procés d'impressió. S'ha incorporat l'etiqueta RFID en un adhesiu. El mateix adhesiu s'aprofita per imprimir-hi també el codi de barres com a sistema redundat equivalent. Aquesta adhesiu es col·locarà en una etiqueta de cartró on s'hi imprimirà també la descripció del producte, el preu i la talla. A continuació es mostra una imatge de com s'integra l'adhesiu amb el codi de barres i l'etiqueta RFID.



Figura 5.2.1 Etiqueta RFID.³

³ Etiqueta RFID col·locada en un adhesiu que a la vegada inclou un codi de barres. Imatge extreta de la comunitat web www.rfidpoint.com.

- **Targeta impresa RFID UHF:** Aquesta tarja no deixa de ser una variant d'etiqueta RFID UHF passiva. La targeta EPC Gen2 resol la identificació de curt i llarg abast. Fabricades en PVC, tenen capacitat de lectura i escriptura multitargeta. Aquest tipus de targetes UHF s'utilitza en aplicacions de control d'accés i identificació de personal per a programes de fidelització de clients. Aquests en aquesta darrera aplicació, on s'utilitzarà aquesta targeta. Tots els clients de la botiga que estiguin registrats rebran aquesta tarja RFID, de manera que quan el client entri a l'emprovador per emprovar-se una peça de roba, a part de determinar el producte, podrem saber quin client ha agafat el producte. Aquesta dada ens permetrà no recomanar articles que ja constin a la base de dades com que ja han estat comprat pel client. A continuació es mostra una imatge d'aquestes targes, on es pot comprovar que tenen una superfície completament blanca que permet posteriorment personalitzar-les amb la imatge corporativa de la botiga.



Figura 5.2.2 Targetes RFID.⁴

Pel que fa l'altre component bàsic del sistema RFID com és el lector, en el cas de la botiga de roba s'utilitzen diferents tipus de lectors. A continuació es detallen aquests diferents tipus utilitzats i el seu ús.

- **Lector RFID portàtil:** Lector d'etiquetes UHF passives amb certificació EPCglobal. Es tracta d'un lector compacte que permet afegir funcions de lectura i escriptura per RFID. Està concebut per aplicacions tant d'interior com de camp, ja siguin treballs d'emmagatzematge, gestió d'actius, gestió d'inventaris, etc. En el cas de la botiga, aquest lector portàtil s'utilitzarà pel personal encarregar de realitzar les tasques relacionades amb el control de l'estoc i gestió de l'inventari. A continuació es mostra una imatge d'un lector d'aquest tipus, concretament es tracta del model **ALH-901x** de la marca ALIEN.

⁴ Targetes RFID de PVC. Imatge extreta de la web comercial www.kimaldi.com.



Figura 5.2.3 Lector RFID portàtil.⁵

- **Lector RFID fixe:** Lector d'etiquetes UHF passives. Són lectors fàcils d'instal·lar i gestionar. Dintre del ventall dels lectors RFID fixes, en el disseny de la tenda de roba només es contemplen aquells que estan dissenyats per connectar-los en entorns en xarxa. En aquest sentit, aquests tipus de lectors, disposen d'una connexió Ethernet que fins i tot permet l'alimentació del dispositiu (PoE), reduint així el cost de la instal·lació. Aquests tipus de lectors, en alguns casos porten l'antena incorporada (tot i que permeten connectar altres antenes externes), facilitant el seu desplegament. zCom que el que es pretén es dotar d'un lector en cada emprovarador, aquest no requereix que tingui un gran abast, amb una distància de lectura al voltant dels 2 m és suficient. A continuació es mostra una imatge del lector fixe amb antena integrada amb connexió PoE, concretament es tracta del model **ALR-9650** de la marca ALIEN.



Figura 5.2.4 Lector RFID fixe.⁶

- **Lector RFID de portal:** Lector d'etiquetes UHF passives. Lector integrat en un plafó vertical. Es poden col·locar en parelles per tal de formar una porta. Per el desplegament en la tenda, interessa que disposi de connexió Ethernet (i a més

⁵ Lector RFID portàtil de la marca Alien. Imatge extreta de la pàgina web del fabricant, www.alientechnology.com.

⁶ Lector RFID amb antena polaritzada. Imatge extreta de la pàgina web del fabricant, www.alientechnology.com.

amb PoE), perquè així quedi integrat amb la resta del sistema RFID. Aquests “portals” aniran col·locats en l’entrada de la botiga (2 plafons), en l’entrada dels grups d’empresariats (2 plafons) i en l’entrada del magatzem (1 plafó). A continuació es mostra un imatge d’un portal RFID:



Figura 5.2.5 Lector RFID de portal.⁷

- **Lector RFID en les caixes registradores:** Lector d’etiquetes RFID UHF passives. Aquest lector pot col·locar-se al costat de la caixa registradora o encastat sota del taulell. En qualsevol cas, el seu marge de lectura només cal que sigui de l’ordre de centímetres. Com que el sistema de la caixa registradora estarà al costat, aquest lector pot utilitzar una interfície de tipus USB per connectar el lector a la caixa registradora, tot i que hi ha models utilitzen una interfície Ethernet. A continuació es mostra un lector RFID encastat (amb antena integrada i connexió RS-232 i USB), concretament es tracta del model **embiPos** de la marca Embisphere.



⁷ Porta RFID formada per un lector i dues antenes en cada panell lateral. Imatge extreta del web comercial www.alibaba.com.



Figura 5.2.6 Lector RFID en les caixes registradores.⁸

Un altre sistema per garantir una millor àrea de cobertura del lector i així poder garantir una lectura conjunta d'un grup de productes a la vegada sense marge d'error, és utilitzar dispositius de confinament de camp electromagnètic. Aquests dispositius estan basats en el què s'anomenen metamaterials, que s'encarreguen de confinar el senyal electromagnètic del lector RFID a una zona reduïda de l'espai i quan es col·loquen tots els productes en la zona d'acció (entre 20 i 25 cm), es llegeixen i s'identifiquen tots els productes a l'hora. Aquest sistema agilitza molt el procés de compra, eliminant en gran mesures les cues que s'hi produeixen. El Centre d'Investigació en Materials per a la Innovació en Tecnologies Electrònica i de Comunicacions (CIMITEC), centre de recerca i transferència de la Universitat de Barcelona ha desenvolupat un sistema com el descrit anteriorment. A continuació es mostra un esquema on s'il·lustra el procés de compra en una caixa registradora equipada amb un lector RFID i un sistema de confinament de camp:

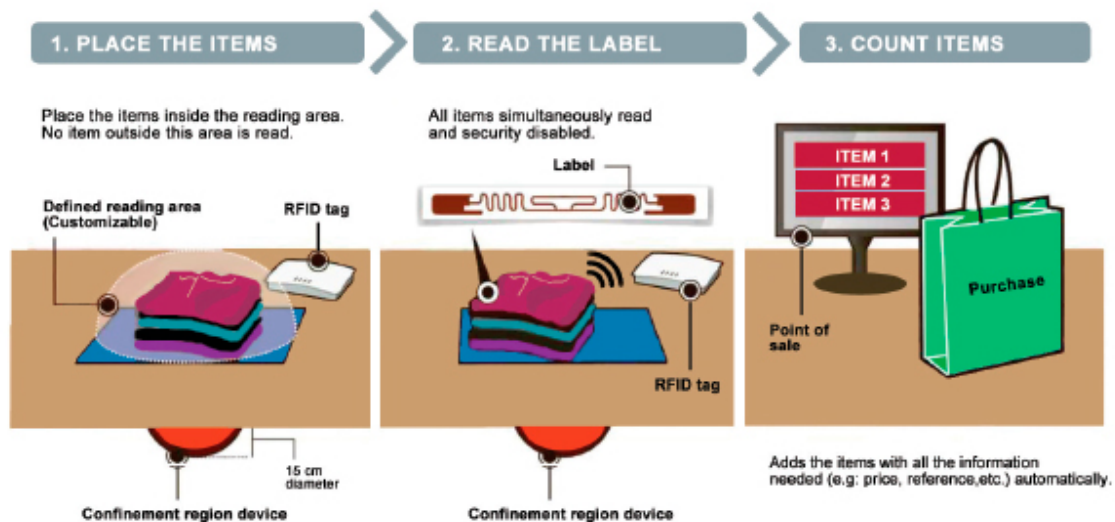


Figura 5.2.7 Esquema del procés de compra.⁹

⁸ Lector RFID encastat, adaptat per utilitzar-se en la zona de les caixes enregistradores. Imatge extreta de la pàgina web del fabricant www.embisphere.com.

⁹ Esquema de funcionament del metamaterial UHF-RFID. Imatge extreta de la pàgina web de la Universitat Autònoma de Barcelona www.uab.cat.

6. Sistema de recomanació

6.1 Motivacions

Un dels reptes existents avui dia en els sistemes d'informació, és com gestionar de la manera més eficient possible tot aquest gran volum d'informació per posteriorment poder facilitar-ne l'accés, de manera més senzilla i àgil possible.

En una tenda, ja sigui en un entorn físic com en un entorn virtual (*online*), disposem de un gran quantitat de d'informació. Per una banda, es disposa de la informació de tots i cadascun dels articles, informació que va més enllà de la codificació del producte i el número de peces que hi ha d'aquest article, ja que cada article conté una descripció detallada que lògicament està informatitzada. Seguint amb els articles, es disposa també d'informació referent a les compres que s'han realitzat de cada article. D'altra banda, cada cop es disposa de més dades referents a clients concrets. Mitjançant tècniques de fidelització, molts clients disposen d'un tarja que els identifica, que utilitzen per descomptes i altres serveis, i aquesta és la clau per obtenir informació dels clients. En entorns *online*, l'ús d'identificadors per accedir-hi, realitza la mateixa funció.

Els sistemes de recomanació s'han convertit en una eina fonamental, que ha permès als comerços donar als seus clients un nova experiència de compra, així com un tret diferencial, amb la finalitat d'augmentar les seves vendes.

6.2 Tipus de sistemes de recomanació

En general, els sistemes de recomanació necessiten principalment disposar de dades dels usuaris perquè les recomanacions siguin encertades. Una classificació d'aquests tipus de sistemes és si utilitzen preferències explícites, implícites o una combinació de les dues, per a calcular la recomanació. A continuació es detallen les característiques de les preferències explícites i implícites:

6.2.1 Informació explícita

Es considera que un sistema de recomanació utilitza preferències explícites, quan l'usuari expressa les seves preferències de forma clara i concreta en el seu perfil. Aquesta tècnica permet obtenir una informació de molta qualitat. Alguns exemples de recollida de dades de forma explícita són:

- Sol·licitar a l'usuari que ponderi algun tema en concret.
- Sol·licitar a l'usuari que ponderi un conjunt de temes d'una llista de temes preferits.
- Presentar a l'usuari dos temes, i sol·licitar que en seleccioni un d'ells.
- Sol·licitar a l'usuari que elabori una llista de temes amb les seves preferències.

Com que la informació s'obté directament de l'usuari, es redueix el marge d'error, el fet però de que requereixi l'atenció de l'usuari en moments determinats, pot resultar un inconvenient.

6.2.2 Informació implícita

Sistemes que dedueixen les preferències a partir del comportament de l'usuari i del seu historial, així permetent que en la majoria dels casos no sigui necessari demanar a l'usuari gran quantitat d'informació sobre les seves preferències per a poder determinar les recomanacions. Aquest tipus de sistemes, solen ser els preferits, ja que tenen un impacte molt reduït o inexistent en la interacció habitual de l'usuari amb el sistema. Aquestes tècniques requereixen un grau d'interpretació per part d'un expert, que poder determinar amb exactitud els objectius reals de l'usuari. Alguns exemples de recollida de dades de forma implícita són:

- Guardar un registre dels articles que l'usuari ha vist en la botiga online.
- Analitzar el nombre de visites que rep un article.
- Guardar un registre dels articles que l'usuari ha seleccionat.

En general, els sistemes de recomanació combinen aquestes preferències per elaborar perfils d'usuari

6.3 Mètodes de recomanació

Per a dur a terme la millor recomanació possible, hi ha diversos mètodes. Hi ha 3 classificacions principals, generalment més esteses que són:

- Sistemes de recomanació basats en continguts.
- Sistemes de recomanació basats en filtratge col·laboratiu.
- Sistemes híbrids.

En molts articles, també s'incorporen nous mètodes (tipus) que complementen els anteriors, com són:

- Sistemes de recomanació basats en coneixement
- Sistemes de recomanació demogràfics

A continuació es detallen els diferents mètodes i s'apunten alguns dels seus avantatges i inconvenients.

6.3.1 Sistemes de recomanació basats en continguts

Els sistemes basats en continguts (CBF), basen la seva recomanació en funció de les valoracions dels usuaris, de manera que recomanen elements que s'adaptin millor (sent similar) a les seves preferències, de manera que li puguin agradar o interessar. Aquests sistemes, utilitzen tècniques d'aprenentatge com els arbres de decisió, xarxes neuronals o representacions basades en vectors.

Avantatges:

- Es realitza la recomanació en funció de continguts objectius, i no en funció d'opinions subjectives d'altres usuaris.
- No hi ha dispersió, ja que el modelat de la informació està present en les característiques dels elements.

Inconvenients:

- Arrencada en fred pels usuaris.
- La qualitat de la recomanació depèn de l'historial de valoracions realitzades per l'usuari.
- Resultats molts similars a la cerca.
- Les recomanacions fetes a l'usuari són similars a les recomanacions que ell mateix ha fet al sistema.
- Problemes d'usuari nou.
- Díficil adaptació del sistema a canvis dins del perfil de l'usuari.

6.3.2 Sistemes de recomanació basats en filtratge col·laboratiu

Els sistemes de recomanació basats en el filtratge col·laboratiu, basen les seves recomanacions únicament en els termes de similitud entre els usuaris. Aquesta similitud ve determinada per el perfil de cada usuari. Els usuaris comparteixen les seves valoracions i opinions, respecte a elements que coneixen. Segons Shardaham i Maes, es poden distingir tres fases de funcionament:

- El sistema guarda el perfil de cada usuari amb les seves preferències en una base de dades.
- Es creen grups d'usuaris amb característiques semblants mitjançant el grau de similitud entre els usuaris que hi ha a la base de dades.
- El sistema utilitza informació obtinguda anteriorment per poder realitzar les recomanacions.

Els algorismes de filtratge col·laboratiu es poden separar en dues categories:

- Basat en memòria o usuari: Utilitzen tota la base de dades per tal de generar una recomanació. S'utilitzen tècniques de similitud per trobar semblances entre parells d'usuaris. Tenen problemes d'escalabilitat.
- Basat en el model o element: Primer realitzen un model a partir de les puntuacions dels usuaris sobre els elements, i a partir d'aquí realitzen les recomanacions. S'utilitza una aproximació probabilística que calcula el valor esperat d'una predicció elaborada per a un usuari, a partir de les seves puntuacions sobre altres elements.

Avantatges:

- Permet recomanar continguts difícils de recomanar.
- Recomana elements en funció de les preferències de l'usuari.
- Realitza recomanacions vàlides però no esperades.

Problemes:

- Dispersió: el baix nombre d'usuaris en relació a la gran quantitat d'informació emmagatzemada en el sistema.
- Arrencada en fred: fins que l'usuari no tingui un perfil suficientment ampli, el sistema no podrà obtenir recomanacions.
- Grups d'usuaris que no es poden relacionar en cap grup en concret, no aporten res (més enllà d'espai innecessari) al sistema.

- Subjectivitat utilitzada en les classificacions.

6.3.3 Sistemes de recomanació híbrids

Els sistemes híbrids combinen dos o més tècniques per a obtenir millors resultats. D'aquesta manera, s'aconsegueix atenuar els inconvenients i combinar els avantatges. Segons Burke es poden diferenciar fins a 7 estratègies d'hibridació, que es poden agrupar en 3 dissenys generals segons Jannach 2012.

- Paral·lel:
 - Ponderat. El valor de la recomanació d'un element s'obté ponderant diferents resultats obtinguts pels sistemes de recomanació.
 - Commutació: En lloc d'executar totes les estratègies simultàniament, el sistema té en compte algun criteri per a commutar entre elles, de manera que quan es compleixen certes condicions, es fa ús d'una estratègia, i en cas contrari, es recorre a les restants.
 - Mixt: S'executa més d'un mètode de recomanació de manera simultània. Es presenten les diferents recomanacions al mateix moment.

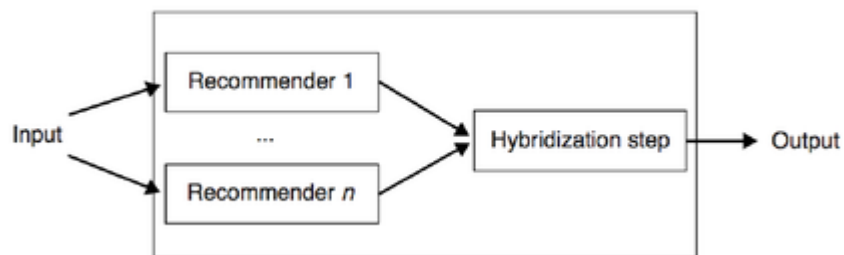


Figura 6.3.1 Sistema de recomanació híbrid paral·lel.¹⁰

- Monolític:
 - Combinació de característiques: S'uneixen en un únic conjunt de dades que utilitzen les diferents estratègies i amb aquest nou conjunt s'executa un sol algoritme de recomanació.

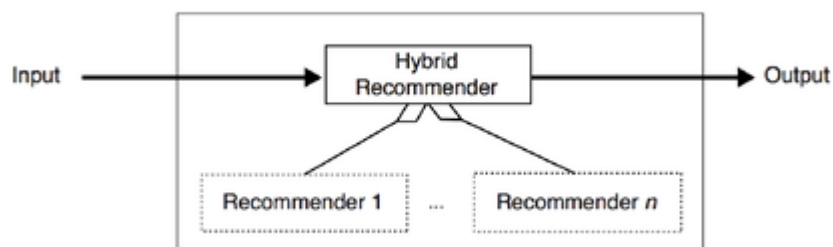


Figura 6.3.2 Sistema de recomanació híbrid monolític.¹¹

¹⁰ Esquema d'un sistema de recomanació híbrid de tipus paral·lel. Imatge extreta del web "Recommender Systems An Introduction", www.recommenderbook.net.

¹¹ Esquema d'un sistema de recomanació híbrid de tipus monolític. Imatge extreta del web "Recommender Systems An Introduction", www.recommenderbook.net.

- Conducte:
 - Cascada: Mètode que es divideix en dues etapes. En la primera, s'executa una de les estratègies de recomanació i s'obté un primer conjunt d'elements candidats. En la segona, es realitza una recomanació final per tal de refinar el resultat.
 - Meta-nivell: Mètode en que el model après per un sistema de recomanació és utilitzat com a font d'entrada per un altre sistema de recomanació.

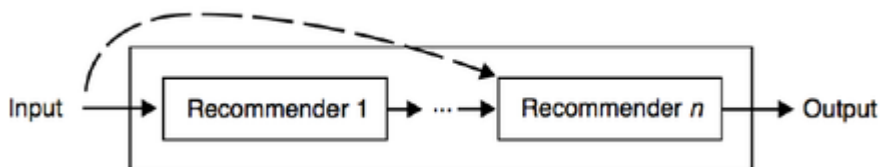


Figura 6.3.3 Sistema de recomanació híbrid conducte.¹²

6.3.4 Sistemes de recomanació basats en coneixement

Els sistemes basats en coneixement intenten aprofundir en el coneixement de l'usuari i els elements, per elaborar recomanacions que encaixin millor amb els requisits dels usuaris. Cal una representació explícita sobre l'element a recomanar, permetent:

- La recomanació d'elements que satisfan certs requisits de qualitat.
- L'explicació del perquè de la recomanació realitzada.
- El suport dels usuaris quan no es pot trobar solució o recomanació adequada per l'usuari.

Avantatges:

- No hi ha problema d'arrencada en fred, ja que les recomanacions no depenen de les valoracions dels usuaris.
- No necessiten emmagatzemar informació sobre un usuari en particular perquè les similituds entre les preferències dels usuaris són independents unes de les altres, tot i que, l'usuari ha d'informar de quines són les seves necessitats.

Problemes:

- Requereix un procés d'enginyeria del coneixement.
- Recomanacions estàtiques, és a dir, per als mateixos casos es realitzen les mateixes recomanacions. Aquest fet, no passa per exemple en els sistemes de recomanació de filtratge col·laboratiu.

6.3.5 Sistemes de recomanació demogràfics

Els sistemes demogràfics són similars als col·laboratius, però per a determinar els veïns més propers (similars), s'utilitza informació demogràfica com l'edat, el sexe, etc.

¹² Esquema d'un sistema de recomanació híbrid de tipus conducte. Imatge extreta del web "Recommender Systems An Introduction", www.recommenderbook.net.

Avantatge:

- Si els comparem amb els sistemes col·laboratius, aquests no necessiten un historial llarg de valoracions per a poder fer recomanacions a l'usuari.

Inconvenients:

- Els mateixos que ja s'han apuntat en els sistemes de recomanació col·laboratius.
- L'usuari podria no sentir-se còmode proporcionant dades personals.

6.4 Descripció del sistema utilitzat

El sistema de recomanació utilitzat es divideix en dos grups de recomanacions. En aquest sentit podríem parlar de que es tracta d'un sistema híbrid.

En el primer grup de recomanacions, s'utilitza una variant del filtratge basat en contingut. S'utilitza com a base del sistema de recomanació les característiques de l'article, però no s'ha tingut en compte les valoracions dels usuaris (clients) sobre aquestes característiques. La idea, és poder determinar la similitud entre tots els diferents articles de la botiga, per quan un client en selecciona un (ja sigui perquè ha entrat l'emprovador amb ell, o l'ha seleccionat de manera *online*), el sistema recomani un conjunt d'articles que són molt similars a l'escollit inicialment pel client. El fet de no utilitzar les valoracions dels clients, ens resta una efectivitat en la recomanació (per no ajustar-se tant en les valoracions que pugui haver fet el client de les diferents característiques), però d'altra banda, ens permet realitzar recomanacions a qualsevol client, ja siguin clients que estiguin registrats en el sistema o clients anònims dels que lògicament no podem disposar de cap mena d'informació prèvia. Donat un article en concret, el resultat serà doncs, una llista (de 5 articles) de recomanacions amb els articles més similars, o sigui, aquells que el valor calculat prèviament de la distància entre el producte en qüestió i la resta siguin els més petits.

En el segon grup de recomanacions, s'utilitza el filtratge col·laboratiu (CF), concretament el que s'anomena element a element (*item-to-item*), que de manera simplificada podríem sintetitzar com "les persones que compren x també compren y". En el nostre cas, quan un client selecciona un article (ja sigui perquè ha entrat a l'emprovador amb ell, o l'ha seleccionat de manera *online*), rebrà les recomanacions en funció de les compres fetes per tots els clients, de l'article seleccionat i la resta dels articles de la botiga. Si es tracta d'un client registrat (de que disposem de dades del què ha comprat), lògicament, el sistema no inclourà en la llista de recomanacions, articles que ja disposa el client. Aquest sistema de recomanació, té l'inconvenient de l'arrencada en fred (tal i com s'ha comentat en l'apartat 6.3.2). Per reduir aquest impacte, el que s'ha incorporat a l'hora de ordenar les (5) recomanacions resultats (ordenades de major a menor) per el valor del cosinus entre l'article seleccionat i la resta, és que en cas de productes amb la mateixa similitud (cosinus), es procedirà a ordenar la llista de recomanacions en funció del número de compres (els de més compres primer) que hagin tingut els articles. Aquests dos grups de recomanació que s'han descrit anteriorment, es presentaran al client en forma de dos grups de recomanacions diferents.

6.4.1 Característiques del articles

A continuació es mostren un conjunt de característiques de determinaran cada un dels articles. Per cada característica es detalla l'escala utilitzada per a representar-la i un exemple on descriu els possibles valors.

Característica	Escala	Exemple
Classificador1	Nominal	Dona
Classificador2	Nominal	Part inferior del cos
Classificador3	Nominal	Pantalons
Classificador4	Nominal	Texans
Classificador5	Nominal	Campana
Color	Nominal	Blau
Tonalitat	Nominal	Fosc
Motiu	Nominal	Llis
Acrílic	Lineal	[0-100]
Altres fibres	Lineal	[0-100]
Cotó	Lineal	[0-100]
Cuir	Lineal	[0-100]
Elastà	Lineal	[0-100]
Llana	Lineal	[0-100]
Pell	Lineal	[0-100]
Poliamida	Lineal	[0-100]
Polièster	Lineal	[0-100]
Viscosa	Lineal	[0-100]

Taula 6.4.1 Característiques dels articles.

Lògicament, es podrien haver utilitzat altres característiques, però amb aquest grup ja es considera prou representatiu per determinar una descripció prou acurada de cada article.

Després de realitzar unes primeres simulacions, i tenint en compte que es pretén donar un grup reduït (5) de productes similars, s'ha pogut observar que hi ha classificadors que no cal que formin part del procés de càlcul de la funció de similitud. En concret, els primers tres atributs (classificador1, classificador2 i classificador3) no s'utilitzaran a l'hora de determinar la similitud entre dos productes, quedant els 15 atributs restants per a determinar-la. A la pràctica, suposa que quan obtenim un grup de productes similars, aquests seran del mateix "grup" de productes. El fet de que els

tres primers atributs no formin part del càlcul, implica que només es calcularà la similitud entre articles del mateix grup, reduint així de manera considerable, el nombre de registres en la base de dades. Si agafem com exemple les dades introduïdes en la taula anterior, tindrem que per cada grup de productes de “dones”, “part inferior del cos” i “pantalons”, es calcularà la distància entre tots els productes que formin part del grup determinat pels tres atributs anteriors; a l’hora de determinar els productes més similars, obtindrem per tant, un grup de productes amb els mateixos tres atributs.

6.4.2 Similitud dels articles

En aquest apartat es presenta una definició formal de la declaració del problema del sistema de recomanacions pel que fa a la similitud d’articles.

Cal determinar una funció que ens permeti comparar dos articles. Aquests articles estaran descrits per un conjunts de característiques (formant un vector), i aquestes poden estar formades per atributs tant continus com nominals. En aquests casos, es recomana utilitzar la mètrica heterogènia Euclidiana-Superposició (HEOM en anglès) [35]. Bàsicament, es tracta de utilitzar una mètrica de solapament per aquelles característiques nominals i una distància euclidiana normalitzada pels característiques lineals.

Sigui $r(x_{iq}, x_{jq})$ la distància entre els vectors x_i , x_j de la característica q . Aquesta funció podrà prendre els següents valors:

$$r(x_{iq}, x_{jq}) = \begin{cases} diff(x_{iq}, x_{jq}) \\ overlap(x_{iq}, x_{jq}) \end{cases} \quad (1)$$

$$diff(x_{iq}, x_{jq}) = \frac{|x_{iq} - x_{jq}|}{max_{\mathbb{L}_q} - min_{\mathbb{L}_q}} \quad (2)$$

$$overlap(x_{iq}, x_{jq}) = \begin{cases} 1, & \text{sempre que } x_{iq} \neq x_{jq} \\ 0, & \text{altrament} \end{cases} \quad (3)$$

La funció $diff(x_{iq}, x_{jq})$ es determina per la diferència normalitzada entre dos valors de la característica q . S’utilitza per a comprar característiques del tipus lineal.

La funció $overlap(x_{iq}, x_{jq})$, s’utilitza per comparar característiques nominals, i senzillament retorna 1 (màxima distància) en cas que els dos elements siguin diferents, o 0 (mínima distància) altrament.

En aquest treball només s’ha considerat comprar característiques nominals o lineals. Si hi hagués la necessitat (o es cregués convenient) comprar dues característiques de tipus text, caldria definir una nova funció, per a determinar la similitud entre dues cadenes de caràcters (text). Aquesta nova funció complementaria les dues esmentades anteriorment.

La mètrica d utilitzada per a determinar la similitud entre dos articles x_i i x_j amb n característiques serà:

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{q=1}^n r(x_{iq}, x_{jq})^2} \quad (4)$$

El rang de la funció resultant d , és menor o igual a l'arrel quadrada del nombre de característiques.

$$d(x_i, x_j) \in [0, \sqrt{n}] \quad (5)$$

Podem donar “pesos” (rellevància) a les diferents característiques incorporant un coeficient en la fórmula per determinar la similitud, de la manera següent:

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{q=1}^n \alpha_q \cdot r(x_{iq}, x_{jq})^2} \quad (6)$$

on α_q és el coeficient (pes) de la característica q .

En el codi desenvolupat en aquest treball, s'ha determinat inicialment que aquest coeficient sigui el mateix per a totes les característiques, i que aquest valor sigui igual a 1, de manera que la funció de referència seria la de la fórmula (5). Per a normalitzar els valors resultants entre $[0, 1]$, aplicarem:

$$d_{norm}(x_i, x_j) = \frac{d(x_i, x_j)}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{\sum_{q=1}^n r(x_{iq}, x_{jq})^2}}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

Cada cop que s'incorpori un nou producte a la base de dades, caldrà calcular la funció de similitud entre el nou article i la resta, tot i que només tindrem en compte els articles d'un mateix grup format per els tres primers classificadors. Com que les similituds ja estan doncs calculades a priori, quan un client agafi un article per endur-se'l a l'emprovador o el seleccioni des de l'aplicació online, podrem ràpidament determinar un grup reduït d'articles més similars.

Pel que fa a l'espai utilitzar per emmagatzemar la informació corresponent a la funció HEOM entre totes les parelles d'articles, es requereix un total de $n(n-1)/2$ registres, on n correspon al nombre total d'articles. Val a dir, que en la pràctica al final s'ha optat per treballar amb grups d'articles, tal i com s'ha detallat en l'apartat anterior, de manera que l'espai requerit ha estat considerablement inferior. Concretament, l'emmagatzemament final surt de la fórmula següent:

$$\text{núm. registres} = \sum_{i=1}^n \frac{n_i \cdot (n_i - 1)}{2} \quad (8)$$

On n_i correspon a la quantitat d'articles que hi ha en el grup i , i n és el número de grups diferents d'articles que s'han definit.

6.4.3 Filtratge col·laboratiu basat en articles d'estadístiques de compra

Tal i com s'ha descrit anteriorment, s'utilitza un filtratge col·laboratiu del tipus *item-to-item* [6], que a partir de la informació dels clients sobre si han comprat o no un article, es calcula el cosinus entre vectors binaris que representen les compres en una matriu client-article.

Partim doncs, d'una matriu usuari-article com la que es mostra a continuació:

	Article 1	Article 2	...	Article n
Client 1	El va comprar	No l'ha comprat		El va comprar
Client 2	No l'ha comprat	El va comprar		El va comprar
...
Client m	No l'ha comprat	El va comprar	...	No l'ha comprat

Taula 6.4.2 Filtratge col·laboratiu item-to-item.

La idea, és calcular el cosinus entre els diferents articles, agafant com a vectors per al càlcul, la representació binària de les diferents compres o no de l'article. En l'exemple anterior, si només hi hagués tres clients, el vector representatiu de l'article 1 seria (1,0,0), el de l'article 2 seria (0,1,1) ...

Per a calcular la funció de similitud entre dos articles i i j (el cosinus de l'angle) representats per dos vectors \vec{i} i \vec{j} , s'aplica:

$$sim(i, j) = \cos(\vec{i}, \vec{j}) = \frac{\vec{i} \cdot \vec{j}}{\|\vec{i}\| * \|\vec{j}\|} \quad (9)$$

El que queda clar utilitzant el filtratge col·laboratiu, és que computacionalment es tracta d'un algoritme costós. En el pitjor dels casos $O(m \cdot n)$, on m és el nombre de clients i n és el nombre d'articles, ja que s'examinen m clients i fins a n articles per a cada client. No obstant això, com que el vector mig dels clients és molt escàs, l'algoritme tendeix a estar més a prop de $O(m+n)$.

Pel que fa a l'espai utilitzar per emmagatzemar aquesta informació (el cosinus entre dos productes), que correspondria a totes les parelles possibles d'articles. Lògicament, només emmagatzemem el cosinus entre l'article A i el B, ja que el cosinus entre l'article B i el A és el mateix. Tenint en compte que l'escenari de compra és una botiga de roba, amb roba per a dones, homes, nenes i nens, no té sentit que calculem similituds (clients-article) entre tots els articles de la botiga. En aquest sentit, tindrem una matriu client-article per a cada tipus de client, o sigui, el classificador1 (dona, home, nena i nen). La fórmula per al càlcul de registres quedaria de la següent manera:

$$núm. registres = \sum_{i=1}^4 \frac{n_i \cdot (n_i - 1)}{2} \quad (10)$$

On n_i correspon a la quantitat d'articles que hi ha en el grup i (hi haurà els 4 grups anteriorment esmentats: dona, home, nena i nen).

Si un client registrat compra roba per a diferents tipus de clients, tindrà un “perfil” d'usuari per a cada matriu client-article, i la informació de les seves compres caldrà guardar-la en la matriu corresponent. Per enregistrar les compres de cada client cal que aquest estigui identificat (registrat) en el sistema. En el cas de clients “anònims”, es realitzarà una nova entrada en la matriu anterior indicant un client “anònim” concret, indicant la data i l'hora de la compra (per exemple “GUEST-091220151123”), sempre i quan hagi comprat un conjunt d'articles en la mateixa compra, fet que ens pot aportar informació important. Cal determinar quina és la quantitat mínima d'articles (d'un tipus de client) per a que s'emmagatzemi aquesta informació i es consideri rellevant. En principi podríem fixar que totes les compres que continguin més de tres articles.

6.5 Disseny de la base de dades

Per a poder implementar el sistema de recomanació proposat, s'ha definit una estructura de dades que es detalla a continuació. En primer lloc es descriuen les taules utilitzades:

- **products**: Aquesta taula, conté la informació bàsica de cada un dels articles/productes. Per construir l'identificador s'ha preferit enfocar-ho en conjunt de caràcters per simplificar la implementació. Els camps utilitzats són:
 - *productID*: Identificador del producte. Aquest identificador està format per una cadena de 14 caràcters que determinen un identificador únic per a cada producte. Aquests 14 caràcters es generen a partir de la següent informació:
 - El 1r caràcter codifica el classificador1
 - El 2n caràcter codifica el classificador2
 - El 3r i 4t caràcters codifiquen el classificador 3
 - El 5è i 6è caràcters codifiquen el classificador 4
 - El 7è i 8è caràcters codifiquen el classificador5
 - El 9è i 10è caràcters codifiquen el grup de producte
 - El 11è i 12è caràcters codifiquen el color
 - El 13è caràcter codifica la tonalitat
 - El 14è caràcter codifica el motiu
 - *groupID*: Identificador que determina el grup del producte. Es tracta de una cadena de 10 caràcters que representen els 10 primers caràcters del *productID*, deixant fora la codificació del color, la tonalitat i el motiu. Aquest camp, permet realitzar recomanacions en base al “grup” de producte, deixant a banda els atributs de color, tonalitat i motiu.
 - *name*: Nom del producte
 - *description*: Descripció del producte
 - *price*: Preu del producte
 - *bought*: Enter que determina el número de compres que s'han fet d'aquest producte en concret.

Lògicament, podríem incloure altres camps en aquesta taula, però els que aquí s'indiquen són els que s'han utilitzat en la implementació (simulació) del sistema de recomanació. En la realitat, aquesta taula contindrà altres atributs.

- **products_classifiers:** Aquesta taula emmagatzema la informació referent als diferents classificadors utilitzats. Els camps utilitzats són:
 - *classifierName*: Nom del classificador o atribut d'un producte.
 - *classifierID*: Identificador del classificador o atribut que s'emmagatzemarà a la taula de característiques dels productes.
 - *description*: Descripció del classificador o atribut.

- **products_features:** Aquesta taula emmagatzema tots els atributs dels productes. Els atributs d'aquesta taula s'utilitzen per a calcular la similitud entre els diferents productes. Els camps utilitzats són:
 - *productID*: Identificador del producte
 - *classifier1*: 1 caràcter corresponent al codi del classificador1.
 - *classifier2*: 1 caràcter corresponent al codi del classificador2.
 - *classifier3*: 2 caràcters corresponents al codi del classificador3.
 - *classifier4*: 2 caràcters corresponent al codi del classificador4.
 - *classifier5*: 2 caràcters corresponents al codi del classificador5.
 - *color*: 2 caràcters corresponents al codi del color.
 - *tonality*: 1 caràcter corresponent al codi de la tonalitat.
 - *patern*: 1 caràcter corresponent al codi del motiu.
 - *acrylic*: numèric (entre 0 i 100) que determina la quantitat en percentatge d'acrílic que té el producte.
 - *other_fibers*: numèric (entre 0 i 100) que determina la quantitat en percentatge d'altres fibres que té el producte.
 - *cotton*: numèric (entre 0 i 100) que determina la quantitat en percentatge de cotó que té el producte.
 - *leather*: numèric (entre 0 i 100) que determina la quantitat en percentatge de cuir que té el producte.
 - *elastane*: numèric (entre 0 i 100) que determina la quantitat en percentatge d'elastà que té el producte.
 - *wool*: numèric (entre 0 i 100) que determina la quantitat en percentatge de llana que té el producte.
 - *leatherette*: numèric (entre 0 i 100) que determina la quantitat en percentatge de pell d'imitació que té el producte.
 - *polyamide*: numèric (entre 0 i 100) que determina la quantitat en percentatge de poliamida que té el producte.
 - *polyester*: numèric (entre 0 i 100) que determina la quantitat en percentatge de polièster que té el producte.
 - *viscose*: numèric (entre 0 i 100) que determina la quantitat en percentatge de viscosa que té el producte.

- **products_sizecharts:** Aquesta taula emmagatzema informació de les talles que hi ha de cada producte, així com la quantitat que n'hi ha. Els camps utilitzats són:

- *productID*: Identificador del producte.
 - *size*: 2 caràcters que identifiquen la talla del producte.
 - *quantity*: Enter que determina la quantitat de productes que hi ha d'una talla en concret.
- **products_distances**: En aquesta taula s'emmagatzema el valor calculat corresponent a la distància que hi ha entre dos productes. El valor de la distància està normalitzada, per tant, es tracta d'un número entre 0 i 1. Valors pròxims a 0, correspondria a productes molt diferents, amb poques coses en comú, i valors pròxims a 1, correspondria a productes molt similars, amb moltes coses en comú. Cada cop que s'incorpoa un nou producte a la taula de productes (*products*), es calcularà la distància entre aquest nou producte i la resta de productes existents en la base de dades, si bé, com ja s'ha apuntat en l'apartat anterior, no es calculen les distàncies entre tots els productes, si no, entre un subgrup determinat per els primers tres classificadors. Els camps utilitzats són:
- *productID1*: Identificador del producte 1.
 - *productID2*: Identificador del producte 2.
 - *distance*: Nombre decimal, entre 0 i 1.
- **clients**: Aquesta taula emmagatzema tota la informació referent a un client registrat. Per simplificar, només es detallen els camps mínims necessaris. Lògicament, per al procés de facturació caldria incloure altres camps com són, el NIF, l'adreça, municipi, telèfon i/o adreça de correu electrònic ... Els camps que s'utilitzen el sistema de recomanació són:
- *clientID*: Identificador del client. Aquest identificador està format per una cadena de 9 caràcters.
 - *firstName*: Nom de l'usuari/client.
 - *lastName*: Cognoms del l'usuari/client.
- **purchasing**: Aquesta taula conté la informació referent a les compres realitzades per tots els clients/usuaris registrats. Opcionalment, pot emmagatzemar compres conjuntes realitzades per usuaris anònims, però que pel fet de tractar-se d'una compra amb una quantitat considerable d'articles ens interessa emmagatzemar aquesta informació. En aquesta taula tindrem tants registres com parelles de clients i productes hi hagi, és per tant, un taula que en escenaris reals correspondria a un clar exemple del que es coneix com a *Big Data*. Cada cop que s'incorpora un nou producte o un nou client a la base de dades, caldrà afegir els registres corresponents en aquesta taula. Els camps utilitzats són:
- *clientID*: Identificador del client.
 - *productID*: Identificador del producte.
 - *bought*: Enter que determina si el client amb l'identificador *clientID* ha comprat (valor 1) el producte identificat amb *productID*, o no (valor 0).
- **products_cosines**: En aquest taula s'emmagatzema el valor calculat corresponent a la funció cosinus (similitud) entre dos productes, en funció de

les compres realitzades (taula anterior) pels diferents clients. Cada cop que es realitza una compra, o sigui, que es modifica la taula *purchasing*, cal tornar a calcular la funció cosinus entre el producte que s'ha comprat i tota la resta. Aquesta funció de similitud (cosinus) a diferència del cas de la distància entre productes, aquí sí que es determina per a tots els productes d'un mateix grup (dona, home, nen i nena), com ja s'ha detallat en l'apartat anterior. És per tant també, un clar exemple de *Big Data*.

Els camps utilitzats són:

- *productID1*: Identificador del producte 1.
- *productID2*: Identificador del producte 2.
- *cosine*: Nombre decimal, entre 0 i 1.

A continuació es mostra un esquema relacional, que detalla les relacions principals entre les diferents taules de la base de dades utilitzada en el sistema de recomanació:

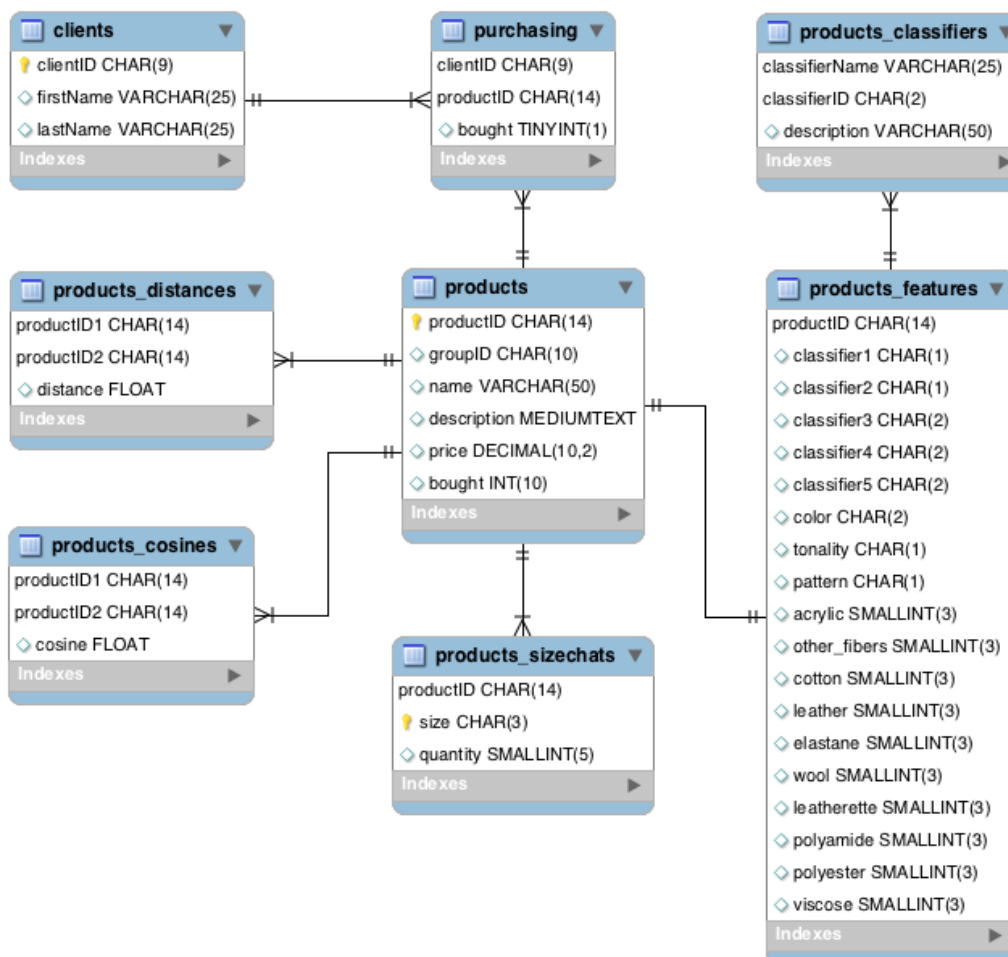


Figura 6.5.1 Esquema relacional de la base de dades implementada.¹³

En l'apartat dels annexos, es detalla en codi en SQL per a la definició de totes les taules utilitzades en el sistema de recomanació.

¹³ Imatge generada amb el programa GPL MySQL Workbench. El programa es pot descarregar del web www.mysql.com.

6.6 Implementació del sistema de recomanació

La implementació del sistema de recomanació s'ha desenvolupat en un entorn web. El fet de tractar-se d'una aplicació web, facilita que aquesta es pugui accedir des de diferents plataformes. Per a simplificar aquesta implementació (i la simulació), s'ha utilitzat un entorn típic per a desenvolupar pàgines i/o aplicacions web, format per un servidor web basat en *Apache Server* amb suport PHP i una base de dades *MySQL* (base de dades de codi obert). Lògicament, en un entorn real, amb grans volums de dades (*Big Data*), caldria afegir funcionalitats addicionals a aquest entorn, com per exemple *Hadoop*, que es tracta d'un *framework* per a *Apache* que suporta aplicacions distribuïdes sota una llicència lliure, per a què el sistema fos escalable en tots els aspectes, ja sigui a nivell d'emmagatzemament, com a nivell computacional. A continuació es detallen les funcionalitats dels diferents fitxers utilitzats per a implantar i poder simular la solució:

- ***config.inc.php***: Fitxer PHP amb paràmetres de configuració de l'aplicació.
- ***classAjaxCombo.js***: Fitxer JavaScript on es defineix la classe *AjaxCombo* i les seves funcionalitats. Bàsicament el que permet és muntar una llista desplegable amb diferents opcions per defecte.
- ***style.css***: Fitxer CSS amb els estils de l'aplicació web.
- ***admin.php***: Fitxer PHP (amb codi PHP i HTML) utilitzat com a pàgina d'administració que permet inicialitzar i realitzar accions bàsiques sobre el sistema de recomanació, i permet enllaçar amb el simulador de l'emprovador (*fittingroom*), que és el la base del sistema de simulació.
- ***fittingroom.php***: Fitxer PHP (amb codi PHP i HTML) que actua com al simulador de l'emprovador, i és per tant, la part principal del sistema de recomanació. Més endavant es detalla el contingut i les funcionalitats de la pantalla que s'hi mostra.
- ***smartstore_ajax.php***: Fitxer PHP (amb únicament codi PHP) on hi ha tot el codi encarregat de realitzar les accions del sistema de recomanació. Aquestes accions es complementen amb execucions de comandos.
- ***utils.php***: Fitxer PHP (amb únicament codi PHP) amb les funcions utilitzades per a realitzar les dues variants de recomanació que s'utilitzen, la primera, el càlcul de la distància o similitud entre els productes (només basant-nos amb les seves característiques), i la segona, la que té en compte les compres dels clients (el seus gustos) i els productes.

En l'apartat dels annexos (apartat 11.2), s'inclou el codi font dels fitxers del sistema. A continuació es descriu l'aspecte de la pantalla principal de l'aplicació, corresponent al simulador de l'emprovador. La pantalla està formada per tres blocs conceptuals:

- Informació del producte seleccionat
- Grup de (5) recomanacions, basades en la similitud (HEOM) entre el producte seleccionat i altres productes. Aquest grup de recomanacions apareix sota el nom de "Altres productes similars".

- Grup de (5) recomanacions, basades en la similitud (cosinus) entre clients i productes. Aquest grup de recomanacions apareix sota el nom de “Altres també han comprat”.

Així doncs, el contingut de la pantalla tàctil que hi hauria en cada un dels emprovadors, un cop un client en concret (registrat o no) hi entra amb una article (en aquest simulador no s’ha contemplat que el client entri amb més d’un producte, tot i que no seria excessivament complex, incloure un selector d’articles detectats), és la següent:

SMART STORE WITH SHOPPING ASSISTANT SYSTEM				
Foto #1 Producte escollit	Foto #2 Producte escollit	Informació del producte escollit		
Altres productes similars				
Foto Producte #1	Foto Producte #2	Foto Producte #3	Foto Producte #4	Foto Producte #5
Info prod. #1	Info prod. #2	Info prod. #3	Info prod. #4	Info prod. #5
Altres també han comprat				
Foto Producte #6	Foto Producte #7	Foto Producte #8	Foto Producte #9	Foto Producte #10
Info prod. #6	Info prod. #7	Info prod. #8	Info prod. #9	Info prod. #10

Figura 6.6.1 Esquema del contingut de la pantalla.

Un cop es mostra tota la informació en la pantalla, el client pot seleccionar (en el cas real seria mitjançant una pantalla tàctil), qualsevol dels 10 productes que es mostren en les diferents recomanacions, i el que fa el sistema és mostrar el nou producte seleccionat en la part superior (com si es tractés del producte escollit inicialment), i mostra tota la informació del producte. A continuació, també es mostren les noves recomanacions en funció de la nova selecció. En la informació del producte el client podrà visualitzar les següents dades:

- Nom curt que identifica el producte.
- Preu del producte.
- Color principal del producte.

- Tonalitat del producte.
- Motiu del producte.
- Composició (llista dels materials d'elaboració, indicant el percentatge).
- Talles disponibles del producte.
- Localització del producte dins de la tenda
- Descripció del producte

A continuació es mostra un captura de pantalla, on es pot veure l'aspecte real del resultat de la implementació realitzada:

SMART STORE WITH SHOPPING ASSISTANT SYSTEM

SIMULACIÓ DEL PROVADOR

Selecciona Producte



Texans Super Skinny Low 19,99 €

Color: Blau

Tonalitat: Clara

Motiu: Lis

Composició: Cotó: 70%, Elastà: 2%, Polièster: 28%

Talles: 32, 34, 36, 38, 40, 42

Localització: Planta Baixa - A1

Descripció:

Texans de cinc butxaques en denim rentat i superelàstic de tir baix i camals extraajustadas. Confeccionats parcialment en polièster reciclat.

ALTRES PRODUCTES SIMILARS



Texans Slim Regular
29,99 €



Texans Super Skinny Low
19,99 €



Texans de turmell
29,99 €



Texans Slim Regular Ankle
39,99 €



Texans tallat Boyfriend
29,99 €

ALTRES TAMBÉ HAN COMPRAT



Parka encoixinada
59,99 €



Faldilla llarga d'encaix
39,99 €



Bufanda de punt
7,99 €



Jersei de punt de jacquard
29,99 €



Sabatilles altes
24,99 €

Figura 6.6.2 Captura de pantalla de l'aplicació desenvolupada.

7. Metodologia i Resultats

En primer lloc, abans d'obtenir els resultats definitius, s'ha realitzat diferents proves, que han aportat un conjunt de resultats parcials, que a la vegada, han ajudat a determinar el comportament final del sistema de recomanació utilitzat.

En una primer fase, es va creure més convenient, utilitzar un conjunt de dades (productes) orientats a un tipus de client en concret, per així aprofundir amb el comportament d'aquest grup de clients. En aquest sentit, es van escollir productes (**200**) únicament de dones per a realitzar les simulacions. Aquests 200 productes es classifiquen de la següent manera:

- **Peces de vestir per a la part superior del cos: 75**
Aquests a la vegada s'agrupen en:
 - Jaquetes-Abrics: 25
 - Jerseis: 25
 - Tops: 25

- **Peces de vestir per a la part inferior del cos: 75**
Aquests a la vegada s'agrupen en:
 - Pantalons: 50
 - Faldilles: 25

- **Accessoris i complements: 25**

- **Sabates: 25**

Un cop establerts tots els 18 atributs que identifiquen cada producte (utilitzats per determinar les recomanacions), més els atributs genèrics (nom, descripció i preu), i les dues fotografies que acompanyen la descripció, s'ha guardat tota aquesta informació en una base de dades. Amb aquestes dades, ja es pot preparar la primera part del sistema de recomanació, que és basa únicament amb les característiques dels diferents productes.

En primera instància, es va calcular la similitud entre tots els 200 productes utilitzant la funció HEOM (detallada en l'apartat 6.4.2). El que es va obtenir van ser doncs, un total de $n(n-1)/2$ registres, on n és el nombre de productes, o sigui 19.900 registres que contenen el valor d'aplicar la funció HEOM per a totes les combinacions de possibles parelles de productes. Un cop analitzat el resultat obtingut, es va observar que sempre llista de recomanació formada pels 5 productes més similars ("**altres productes similars**"), escollint qualsevol producte, corresponien a productes que compartien les seves primeres 3 característiques (atributs classificadors). A la pràctica, això volia dir, que si es seleccionava un pantaló (per exemple), on els seus classificadors són:

- **Classificador 1:** Dona
- **Classificador 2:** Peces de vestir per a la part inferior del cos
- **Classificador 3:** Pantaló

La llista de productes recomanats en l'apartat de “**altres productes similars**” estava sempre encapçalada (no només els 5 primers, si no més enllà dels 10 primers), per productes amb els mateixos 3 classificadors, i en molts casos, comparteixen els següents classificadors. Aquest fet (com ja s'ha comentat en l'apartat de la descripció del sistema utilitzat), va provocar que no s'incloguessin totes les característiques, i per tant treballar amb un únic grup de productes, a l'hora d'elaborar les similituds entre parells de productes. Realitzant subgrups de productes a partir dels 3 primers classificadors, el resultat obtingut, a nivell d'optimització del sistema, va ser que es va passar dels **19.900** registres, als **2.587**, o sigui, una reducció del **87%**.

En una segona fase, calia decidir quantes persones actuarien com a subjectes “clients” i dotarien al sistema d'una base de coneixement a partir de les compres realitzades i així donar les recomanacions corresponents a l'apartat “**altres també han comprat**”. Tenint en compte el volum de productes emmagatzemats, es va creure que amb **10** clients del mateix tipus, o sigui, en el cas d'aquesta simulació (10 dones d'edats similars, concretament d'entre 30 i 45 anys), seria suficient per aportar dades inicials al sistema. Es va proporcionar als 10 subjectes de l'estudi, el catàleg dels 200 productes, i per tal de que les dades aportades fossin suficientment representatives i equitatives, es van incloure els següents requeriments a l'hora de que fessin les seves eleccions:

- Cada client seleccionarà (comprarà) un total de **20** productes (que correspon al 10% dels productes existents en el catàleg). Aquests 20 productes es van distribuir (obligatòriament) de la següent manera:
 - Peces de vestir per a la part superior del cos: **8**
 - Peces de vestir per a la part inferior del cos: **7**
 - Accessoris i complements, i sabates: **5** (en total)

Amb els requeriments anteriors, es va disposar d'una base de dades de compres formada per 10 clients que a la vegada havien comprat 20 productes cada un, per tant, teníem 200 compres de productes que lògicament no corresponien a 200 productes diferents. Aquestes compres, tal i com s'explica posteriorment, es van anar introduint una a una en el sistema per poder comprovar com funciona l'algoritme encarregat de calcular les similituds entre parells de productes, i així avaluar com evolucionaven els valors de la taula *products_cosines*, i en definitiva la recomanació “**altres també han comprat**”.

Partim d'una situació inicial on només tenim a la base de dades els 200 productes introduïts, que equival a un total de **19.900** registres (que correspon al càlcul de la fórmula 10) en la taula *products_cosines*. El resultat d'aquests cosinus (similituds) és 0 per tots els parells de productes, que equival a dir que no hi ha cap similitud entre productes tenint en compte les compres realitzades pels clients. Pel que fa a clients, no tenim cap client registrat, i per tant tampoc tenim cap informació de cap compra per part de cap client, tenim doncs la taula de compres (*purchasing*) amb **0** registres. En que s'ha fet doncs, és que en el moment de compra es simula el registre el client, i es guarda la informació de la compra corresponent. En la primera compra d'un producte, es crearan **200** nous registres a la taula *purchasing*, un d'ells contindrà el valor **1** indicant que s'ha comprat el producte en qüestió, i la resta contindran el valor **0**, indicant que aquell usuari (ara si registrat) no ha comprat la resta de productes.

Després d'introduir les **20** primeres compres corresponents al primer client, es modifiquen les dades referents a les compres realitzades pel client en qüestió, i la taula *product_cosines*, ens indica **190** registres amb una similitud màxima (o sigui valor del cosinus igual a 1), que corresponen precisament a aplicar la següent combinació de 20 elements agafats de 2 en 2:

$$C_{20,2} = \frac{V_{20,2}}{P_2} = 190 \quad (11)$$

A partir d'aquest punt, el sistema de recomanacions corresponents a "**altres que han comprat**" té com a usuari model, els "gustos" d'aquest primer usuari (i únic), de manera que després de seleccionar un producte a l'atzar poden passar dues coses:

- **Que el producte no l'hagi comprat l'únic client existent:** En aquest cas, el sistema de recomanació, com que el valor de la similitud (cosinus), entre aquest producte i la resta és 0, en la llista de les 5 recomanacions es col·loquen 5 dels 20 productes que han estat comprats pel client existent en la base de dades, basant-se en que han tingut un nombre de compres més elevat, en aquest cas 1.
- **Que el producte l'hagi comprat el client existent:** En aquest cas, el sistema de recomanació, sí que pot determinar productes amb la màxima similitud (cosinus igual a 1), i també com en el cas anterior, la llista de 5 recomanacions està formada per 5 dels 20 productes que ha comprat el client existent en la base de dades.

Res estrany, era d'esperar, així que es va continuar amb la introducció de noves dades compra per part de la resta de clients de l'experiment.

Després d'introduir les 20 compres del segon client, ja es van modificant les valors de la taula *product_cosines*, perquè hi ha productes (9) que comencen a ser comprats per varis clients, (bé, per els dos clients existents). Si en aquest punt continuem amb les simulacions, ja comencem a observar realment el comportament de l'algoritme, concretament, després de seleccionar un producte a l'atzar en el simulador, ara mateix poden passar tres coses:

- **Que el producte no l'hagi comprat cap dels dos clients:** En aquest cas, el sistema de recomanació, com que no es pot basar en el valor de la similitud entre el producte seleccionat i la resta (cosinus), ja que és 0, en la llista de les 5 recomanacions es col·loquen 5 dels 9 productes que han estat comprats pels dos clients, o sigui, es col·loquen (en cas de mateixa similitud), aquells productes que han tingut un nombre de compres més elevat.
- **Que el producte l'hagi comprat un dels dos clients:** En aquest cas, el sistema de recomanació, sí que pot determinar productes amb la màxima similitud (cosinus igual a 1), i precisament són tots aquells que han comprat el client que ha comprat el producte seleccionat, per tant, les 5 recomanacions, formen part d'aquest grup.

- **Que el producte l'hagin comprat els dos clients:** En aquest cas, el sistema de recomanació, sí que pot determinar productes amb la màxima similitud (cosinus igual a 1), i precisament són aquells que han comprat els dos clients existents, en aquest cas, les 5 recomanacions formen part d'aquest grup (de 8 ja que el 9è producte és un dels seleccionats). Si en aquesta simulació a tall d'experiment, augmentem la llista de recomanacions a 10, s'observaria que els 2 darrers productes d'aquesta llista (cosinus igual a $1/\sqrt{2}$), són productes que ha comprat un dels dos clients.

Després d'introduir les 20 compres del tercer client, els resultats obtinguts tot i que lògicament va augmentant la casuística, s'expliquen amb les anotacions esmentades anteriorment. Com a dada curiosa, en aquest punt comptàvem amb 5 productes comprats que havien coincidit els 3 clients, 7 productes havien estat comprat per 2 d'ells, i la resta de compres havien estat fetes per un sol client.

Després d'introduir les dades de 5 clients, encara hi havia 2 productes en que els 5 clients havien coincidit, 1 producte havia estat comprat per 4 clients, 9 productes havien estat comprats per 3 clients, 18 per 2 clients, i la resta eren doncs compres individuals.

Un cop introduïdes les 200 compres dels 10 clients, les dades que s'han extret són les següents:

- Dels 200 productes existents en la base de dades, els clients n'han seleccionat 101 (de diferents), o sigui, que aproximadament la meitat (**50%**) són productes escollits per un o més d'un client, mentre que l'altre meitat no han estat seleccionats per cap client.
- Dels **19.900** registres existents en la taula *products_cosines*, només **1.523** (un 7.65%) contenen valors superiors a 0, la resta **18.377** (un 92.35%) contenen valors nuls (0). Això ens dóna una idea de com de dispersa està la informació en aquesta taula. Aquí tenim doncs un clar exemple d'un dels inconvenients d'aquest tipus de sistema, l'eficiència.

A continuació, en una segona fase, s'han agafat 5 clients més (5 nous subjectes), i se'ls hi ha proporcionat el mateix catàleg amb els 200 productes, i se'ls ha fet seleccionar també 20 productes, amb els mateixos requeriments que es va exigir en els 10 clients inicials. Aquestes noves dades però, no s'introduiran inicialment en el sistema, aquestes serviran per avaluar el bon funcionament del sistema de recomanació. Per a avaluar-ho, s'agafarà un producte a l'atzar de cada un dels grups de productes utilitzats, o sigui:

- Peces de vestir per a la part superior del cos
- Peces de vestir per a la part inferior del cos
- Accessoris i complements, i sabates

Per cada producte seleccionat dels tres grups anteriors, es va realitzar el següent experiment:

- Es va introduir el producte en el simulador com si es tractes d'un producte escollit pel mateix client.
- Es van analitzar les 5 recomanacions realitzades en l'apartat de "**altres productes similars**" i les 5 de "**altres també han comprat**". El que es pretén avaluar és quin percentatge de productes recomanats formen part de la llista dels productes escollits pel client. D'aquesta manera podem veure com s'acosten les recomanacions a la realitat dels gustos d'un client qualsevol.
- Aquest experiment, es va realitzar 5 cops més, un per a cada client (subjecte) de l'experiment.

Les dades que es van extraure després d'analitzar els resultats obtinguts pels 5 clients, són les següents:

- Després d'escollir a l'atzar un producte del grup "Peces de vestir per a la part superior del cos" de la llista de seleccions del client :
 - **Altres productes similars: 12%** (de mitjana) de coincidències que surten de:
 - Client 1: 0 de 5
 - Client 2: 1 de 5
 - Client 3: 1 de 5
 - Client 4: 0 de 5
 - Client 5: 1 de 5.
 - **Altres també han comprat: 48%** (de mitjana) de coincidències que surten de:
 - Client 1: 2 de 5
 - Client 2: 2 de 5
 - Client 3: 3 de 5
 - Client 4: 2 de 5
 - Client 5: 3 de 5.
- Després d'escollir a l'atzar un producte del grup "Peces de vestir per a la part inferior del cos" de la llista de seleccions del client:
 - **Altres productes similars: 12%** (de mitjana) de coincidències que surten de:
 - Client 1: 1 de 5
 - Client 2: 1 de 5
 - Client 3: 0 de 5
 - Client 4: 0 de 5
 - Client 5: 1 de 5.
 - **Altres també han comprat: 48%** (de mitjana) de coincidències que surten de:
 - Client 1: 2 de 5

- Client 2: 3 de 5
 - Client 3: 2 de 5
 - Client 4: 3 de 5
 - Client 5: 2 de 5.
- Després d'escollir a l'atzar un producte del grup "Accessoris i complements, i sabates" de la llista de seleccions del client:
- **Altres productes similars: 4%** (de mitjana) de coincidències que surten de:
 - Client 1: 0 de 5
 - Client 2: 1 de 5
 - Client 3: 0 de 5
 - Client 4: 0 de 5
 - Client 5: 0 de 5.
 - **Altres també han comprat: 44%** (de mitjana) de coincidències que surten de:
 - Client 1: 2 de 5
 - Client 2: 3 de 5
 - Client 3: 2 de 5
 - Client 4: 2 de 5
 - Client 5: 2 de 5.

Les coincidències en l'apartat de "Altres també han comprat", són més elevades perquè per elaborar aquesta llista s'han tingut en compte les preferències dels usuaris, i és aquí on realment hi trobem més factors de coincidència. Aquests valors que arriben pràcticament al 50% i són per tant, valors de coincidència importants.

En l'apartat de "Altres productes similars", la llista de recomanació ens proposa productes similars que estan dins del mateix grup de productes, i en la selecció dels clients, quan aquests han de seleccionar 2 o 3 productes d'un grup de 25 (jaquetes-abrics per exemple), tendeixen a seleccionar productes lleugerament diferents per tenir més "varietat".

Finalment, i paral·lament a la introducció de les diferents compres realitzades pels clients, s'ha fet un seguiment especial a la taula que emmagatzema els cosinus entre els diferents productes (**products_cosines**). Aquests cosinus, com ja s'ha comentat, representen les similituds entre els diferents parells de productes. Un valor igual a 0, entre dos productes, determina que no hi ha cap mena de similitud entre ells dos, i un valor igual a 1, determina una similitud màxima. S'han realitzat tres instantànies del contingut d'aquesta taula i un anàlisi del seu contingut, després de les 100 primeres compres (corresponents als 5 primers clients), després de les 100 noves compres (corresponents als 5 clients següents), i finalment, després de la introducció a la base de dades de les 100 compres corresponents als 5 darrers clients utilitzats en la segona fase (per avaluar el funcionament del sistema de recomanació).

A continuació es mostren els tres gràfics obtinguts:

- Després de 100 compres:

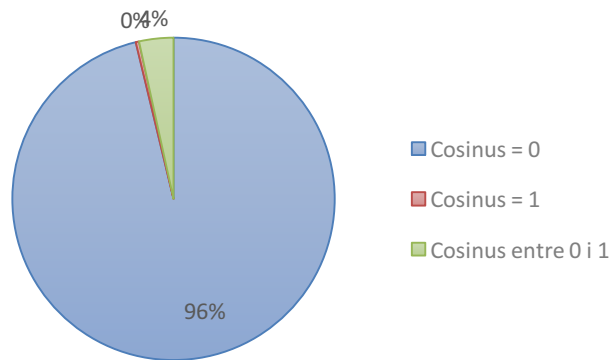


Figura 6.6.1 Valors dels cosinus després de 100 compres

- Després de 200 compres:

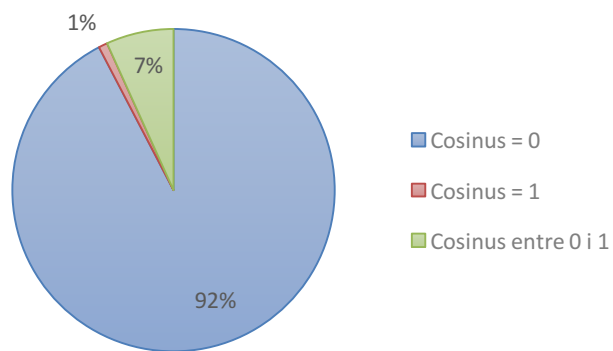


Figura 6.6.2 Valors dels cosinus després de 200 compres

- Després de 300 compres:

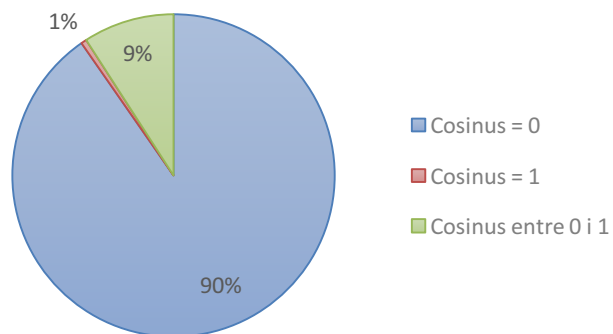


Figura 6.6.3 Valors dels cosinus després de 300 compres

Lògicament, tal i com s'ha apuntat anteriorment, el valor predominant és el 0 en tots tres escenaris, si bé, passem del 96% amb 100 compres al 90% amb 300 compres. Aquesta dada posa de manifest el gran volum de dades que cal emmagatzemar i que en la pràctica no es aporta cap mena d'informació rellevant. A grans trets, la incorporació de més dades (compres) representa més informació útil, concretament passem d'un 4% amb 100 compres a un 10% en 300 compres, fet que està lògicament relacionat directament amb l'eficiència de la recomanació corresponent a l'apartat de **Altres també han comprat**. L'eficiència del sistema de recomanació, entre d'altres factors, augmenta com més dades de compres de diferents clients es disposin. En aquest sentit és difícil extreure un càlcul exacte de amb quina proporció augmenta l'eficiència en funció de les dades de compres introduïdes en el sistema, per la forma (amb components aleatoris) utilitzada per a avaluar el funcionament del sistema.

8. Conclusions

En primer lloc, l'ús de la tecnologia RFID en un entorn com el descrit en aquest treball és evident, i de fet, ja s'han exposat treballs actuals relacionats amb el que aquí es descriu, que es tracta d'una solució tecnològica que aporta molts beneficis en entorns ja sigui del comerç minorista, com en entorns més majoristes i industrials. Estem davant doncs, d'una tecnologia amb un gran potencial que definitivament revolucionarà la logística en un futur proper, de manera que permetrà un major control en la cadena de subministres. No només ens permet optimitzar els processos logístics i de gestió de productes, permet també potenciar la productivitat, afegir valor a les empreses que escullin implantar aquesta tecnologia, i ajudar a reduir les pèrdues de vendes per furts o falta d'estoc. En l'escenari descrit en aquest treball, s'ha enfocat l'ús d'aquesta tecnologia en la millora de la gestió interna, un dels objectius del treball, i en aquest sentit, la tecnologia RFID aporta un ventall de possibilitats que poden anar més enllà del detallat en el treball, quedant doncs encara, un treball futur, en concepte de millores, pendent d'explorar. La base, que és l'etiquetatge de tots els productes, està assentada, a partir d'aquí, es poden incorporar nous elements tecnològics, com poden ser distribuir lectors RFID en tots els diferents espais de la botiga, o d'altres elements o *gadgets* que utilitzin l'etiquetatge RFID dels productes per a dotar d'una experiència de compra més innovadora i enriquidora.

Tal i com ja s'ha apuntat anteriorment en aquest document, el fet de que una empresa com Inditex hagi decidit implantar la tecnologia RFID (després d'uns anys desenvolupant una solució integral que combina *hardware* i *software*) en 1.500 tendes de Zara en aquest any 2015 i que portarà aquesta tecnologia a la resta de cadenes en el 2016, ens dóna un clar indicador de que estem davant d'una solució tecnològica no de futur, si no ja de present i amb unes grans expectatives de cara el futur.

El concepte d'un emprovador intel·ligent com ja s'ha apuntat, no és nou, si bé encara la seva implantació és molt residual. Actualment però, ja es poden localitzar productes concrets, que són sistemes basats en RFID (juntament amb una pantalla tàctil) dissenyats expressament per als emprovadors de tendes minoristes. Un cop consolidada la incorporació de l'etiquetatge RFID en el món de les tendes minoristes, el següent pas lògic, és la incorporació de sistemes i aplicacions que explotin aquesta tecnologia i així assolir els objectius de augmentar les vendes i millorar l'experiència de compra. Serà doncs, qüestió de poc temps, que vegem en les nostres botigues més properes, la implantació d'aquest concepte.

D'altra banda, el sistema de recomanació va molt lligat al concepte anteriorment descrit d'emprovador intel·ligent. Tot sistema de recomanació té com a objectiu ser capaç de seleccionar aquells productes o continguts que s'adaptin més als teus interessos. Des d'aquest punt de vista, podem concloure que el sistema detallat en aquest treball en gran mesura és capaç de recomanar productes (articles de roba) que en molts casos coincideixen amb els gustos dels clients i per tant, estem davant d'una solució que aporta valor al negoci. Val a dir però, que més enllà que l'ús d'aquests sistemes s'estan posant de moda, no és menys cert que encara hi ha molt camí per recórrer. Probablement no hi ha un sistema de recomanació que sigui ideal per a tots els escenaris, i el que cada cop sembla més clar, és que el millor sistema de

recomanació està format per més d'una tècnica de recomanació, ja sigui de manera combinada (sistemes híbrids) o amb l'ús de múltiples tècniques (sistemes compostos) que es presenten de manera simultània. Aquests tipus de sistemes híbrids o compostos, aconsegueixen reduir els desavantatges o inconvenients que tenen totes les tècniques des d'un punt de vista particular, en combinar-les amb d'altres, i així, des d'un punt de vista global del sistema de recomanació, s'aconsegueix un sistema molt més eficient.

El sistema de recomanació utilitzat en aquest treball està format per dues tècniques de recomanació que es presenten a l'usuari de manera simultània.

La primera, consisteix en una variant del filtratge basat en contingut i utilitza com a base del sistema de recomanació les característiques de l'article, però no s'ha tingut en compte les valoracions dels usuaris (clients) sobre aquestes característiques. Tot i que el sistema es centra en les característiques, vist el resultat obtingut, es podria millorar aquest grup de recomanacions si s'introduís, alguna funció més "avançada" per tal de trobar similituds entre dos articles. Enlloc, de centrar les similituds en un grup de productes, si s'amplia el grup d'anàlisi i s'incorpora una funció que determini quin producte (peça de roba) combina millor amb una altra, el resultat d'aquest grup de recomanació seria més ric i eficient. Aquesta funció de què combina millor amb què, no és una funció trivial d'implementar, però mitjançant alguns criteris estàtics agafats de les mateixes característiques dels productes i combinant-les amb criteris més subjectius i dinàmics que es podrien elaborar a partir de l'aprenentatge i/o de l'opinió d'altres clients, el resultat seria, sota el meu punt de vista, una recomanació amb un valor afegit que aportaria una experiència de compra diferent i atractiva.

La segona tècnica de recomanació, consisteix amb l'ús del filtratge col·laboratiu, concretament el que s'anomena element a element (*item-to-item*), que de manera simplificada podríem sintetitzar com "les persones que compren x també compren y". Aquesta tècnica aporta bons resultats, i així ho demostren els experiments realitzats. Tot i realitzar els experiments en un catàleg reduït i en un nombre reduït també de clients, els resultats constaten que entre les compres realitzades pels clients hi ha molta informació de com són aquests clients i quins són els seus gustos. Com ja s'ha apuntat anteriorment, per a millorar l'eficiència del sistema, com més dades de compres es disposin molt millor. L'ús d'aquesta tècnica en escenaris amb un catàleg més ampli i un nombre de clients també més ampli, està també avalada per l'empresa de comerç electrònic amb la línia de productes més gran existent a Internet, com és Amazon. Si bé, Amazon utilitza també múltiples tècniques de recomanació, la base principal està en el filtratge col·laboratiu.

Des d'un punt de vista global del sistema de recomanació, es podria pensar en dotar-lo de nous grups de recomanació que utilitzin altres tècniques de recomanació, que complementin els existents i que aportin noves experiències de venda. Un exemple seria, dividir el grup de recomanació del filtratge col·laboratiu, en dos, un primer grup de productes que només apareguin els productes que altres han comprat però només aquells que coincideixin amb el tipus de producte escollit, i després un segon grup de recomanació, utilitzant la mateixa tècnica però amb la resta de productes. Una millora relativament fàcil d'implementar és no fixar les llistes de recomanacions a 5 productes, i fer que es pugui anar navegant (endavant i enrere) per tal de poder anar veient els 5

següents (o anteriors), per així poder visualitzar de manera més àmplia els resultats del motor de recomanació. Una altra millora podria ser incorporar la possibilitat de que els clients valorin (mitjançant puntuació), els diferents productes, aquesta informació es podria utilitzar per a realitzar altres recomanacions o per complementar alguna tècnica de recomanació existent.

Com ja s'ha apuntat en capítols anteriors, aquests sistemes de recomanació tenen com inconvenient que treballen amb grans volums d'informació. El que temps enrere seria un *handicap*, ja que no tothom disposava d'uns sistemes d'informació capaços de gestionar segons quins volums de dades, actualment, hi ha múltiples solucions en el núvol que permeten a qualsevol empresa contractar els serveis que necessitin en cada moment i paguin únicament pel què realment utilitzen i necessiten.

En definitiva, el treball realitzat assenta les bases de com seran les botigues en un futur proper, botigues que més enllà de cercar augments de vendes i de beneficis (com qualsevol negoci), ens presentaran una nova experiència de compra, una experiència de compra molt més enriquidora i en consonància en aquest món digital d'avui dia.

9. Glossari

C

CBF

Content-Based Filtering, 28

CF

Collaborative Filtering, 32

E

EAN

European Article Number, 18

EPC

Electronic Product Code, 6, 18, 19, 23

H

HEOM

Heterogeneous Euclidean-Overlap Metric, 34, 35, 41, 44, 19, 28, 30, 31

HF

High Frequency, 21, 22

L

LF

Low Frequency, 21

N

NFC

Near Field Communication, 22

P

PoE

Power over Ethernet, 24, 25

R

RFID

Radio Frequency Identification, i, ii, iii, v, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 50, 3, 4, 5

U

UHF

Ultra High Frequency, 6, 7, 21, 22, 23, 24, 25, 3

UPC

Universal Product Code, 18

10. Bibliografia

- [1] K. Rao, P. Nikitin i S. Lam, «Antenna design for UHF RFID tags: a review and a practical application,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2005.
- [2] G. J. L. F. D. B. W. P. i H. L. , «A Design of RFID tag antenna for clothing,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2011.
- [3] M. Shahzad i A. X. Liu, «Fast and Accurate Estimation of RFID Tags,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2015.
- [4] D. Goldberg, D. Nichols, B. Oki i D. Terry, «Using collaborative filtering to weave an information tapestry,» *ACM Digital Library*, 1992.
- [5] M. Balabanovic i Y. Shoham, «Content-based, collaborative recommendation,» *ACM Digital Library*, 1997.
- [6] G. Linden, B. Smith i J. York, «Amazon.com recommendations: item-to-item collaborative filtering,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2003.
- [7] N. M. Bradley, A. Istvan, K. L. Shyoung, J. A. Konstan i J. Riedl, «MovieLens unplugged: experiences with an occasionally connected recommender system,» *ACM Digital Library*, 2003.
- [8] D. Jannach, M. Zanker, A. Felfernig i G. Frierich, *Recommender Systems An Introduction*, 2010.
- [9] B. Sarwar, G. Karypis, J. Konstan i J. Riedl, «Incremental Singular Value Decomposition Algorithms for Highly,» de *Fifth International Conference on Computer and Information Science*, 2002.
- [10] B. Sarwar, J. Konstan i J. Riedl, *Distributed recommender systems for internet commerce*, *Encyclopedia of Information Science and Technology*, First Edition, 2005.
- [11] M. Ghazanfar i A. Prugel-Bennet, «A Scalable Accurate Hybrid Recommender System,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2010.
- [12] S. Sae-Ueng, S. Pinyapong, A. Ogino i T. Kato, «Personalized Shopping Assistance Service at Ubiquitous Shop Space,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2008.
- [13] L. Boves, A. Deshpande i O. Muñoz Ramos, «A proactive recommendation system for writing: helping without disrupting,» *ACM Digital Library*, 2007.
- [14] N. Ramakrishnan, B. Keller, B. Mirza, A. Grama i G. Karypis, «When being weak is brave: Privacy in recommender systems,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2001.

- [15] R. Shokri, P. Pedarsani, G. Theodorakopoulos i J. Hubaux, «Preserving privacy in collaborative filtering through distributed aggregation of offline profiles,» *ACM Digital Library*, 2009.
- [16] L. McGinty i B. Smyth, «On the role of diversity in conversational recommender systems,» de *The 5th International Conference on Case-Based Reasoning*, 2003.
- [17] M. Zhang, «Enhancing diversity in top-n recommendation,» *ACM Digital Library*, 2009.
- [18] L. He, J. Zhang, L. Zhuo i L. Shen, «Construction of user preference profile in a personalized image retrieval,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2008.
- [19] S. Berkovsky, T. Kuflik i F. Ricci, «Cross-representation mediation of user models,» *ACM Digital Library*, 2009.
- [20] P. Han, B. Xie, F. Yang i R. Sheng, «A scalable p2p recommender system based on distributed collaborative filtering,» de *Expert Systems with Applications*, 2004.
- [21] B. Zhou, S. Hui i K. Chang, «An intelligent recommender system using sequential web access,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2004.
- [22] C. Baccigalupo i E. Plaza, «Case-based sequential ordering of songs for playlist recommendation,» *ACM Digital Library*, 2006.
- [23] H. Tung i V. Soo, «A personalized restaurant recommender agent for mobile e-service,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2004.
- [24] S. Park, S. Kang i Y. Kim, «A channel recommendation system in mobile environment,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2006.
- [25] K. Michael i L. McCathie, «The pros and cons of RFID in supply chain management,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2005.
- [26] I. P. Vlachos, «A hierarchical model of the impact of RFID practices on retail supply chain performance,» *Northumbria Research Link*, 2013.
- [27] G. Roussos, «Enabling RFID in retail,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2006.
- [28] S. B. Chung, «The Smart Hanger System based on the RFID,» *Science & Engineering Research Support soCiety*, 2014.
- [29] L. Yu-Chu, Y. Kawakita, E. Suzuki i H. Ichikawa, «Personalized Clothing-Recommendation System based on a Modified Bayesian Network,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2012.
- [30] C.-C. Chen, T.-C. Huang, J. J. Park, H.-H. Tseng i N. Y. Yen, «A smart assistant toward product-awareness shopping,» *Personal and Ubiquitous Computing*, 2014.

- [31] S. Choi, Y. Yang, B. Yang i H. Cheung, «Item-level RFID for enhancement of customer shopping experience in apparel retail,» *ACM Digital Library*, 2015.
- [32] B. Begole, T. Matsumoto, W. Y. N. Zhang, J. Liu i M. Chu, «Designed to Fit: Challenges of Interaction Design for Clothes Fitting Room Technologies,» de *Lecture Notes in Computer Science*, 2009.
- [33] S. Liu, L. Liu i S. Yan, «Magic Mirror: An Intelligent Fashion Recommendation System,» *IEEE Xplore Digital Library*, 2013.
- [34] B. Tieu i B. Ye, «Implementation and Evaluation of a Recommender System Based on the Slope One and the Weighted Slope One Algorithm,» 2015.
- [35] D. Randall Wilson i T. R. Martinez, «Improved Heterogeneous Distance Functions,» *Journal of Artificial Intelligence Research*, 1997.

11. Annexos

11.1 Definició en SQL de les taules de la base de dades smartstore

```
--  
-- Base de dades: `smartstore`  
--  
-----  
  
--  
-- Estructura de la taula `products`  
--  
  
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `products` (  
  `productID` char(14) NOT NULL,  
  `groupID` char(10) NOT NULL,  
  `name` varchar(50) NOT NULL,  
  `description` text NOT NULL,  
  `price` decimal(10,2) unsigned NOT NULL,  
  `bought` int(10) unsigned NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (`productID`)  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;  
  
--  
-- Estructura de la taula `products_classifiers`  
--  
  
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `products_classifiers` (  
  `classifierName` varchar(25) NOT NULL,  
  `classifierID` char(2) NOT NULL,  
  `description` varchar(50) NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (`classifierName`,`classifierID`)  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;  
  
--  
-- Estructura de la taula `products_features`  
--  
  
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `products_features` (  
  `productID` char(14) NOT NULL,  
  `classifier1` char(1) NOT NULL,  
  `classifier2` char(1) NOT NULL,  
  `classifier3` char(2) NOT NULL,  
  `classifier4` char(2) NOT NULL,  
  `classifier5` char(2) NOT NULL,  
  `color` char(2) NOT NULL,  
  `tonality` char(1) NOT NULL,  
  `pattern` char(1) NOT NULL,  
  `acrylic` smallint(3) unsigned NOT NULL,
```

```

`other_fibers` smallint(3) unsigned NOT NULL,
`cotton` smallint(3) unsigned NOT NULL,
`leather` smallint(3) unsigned NOT NULL,
`elastane` smallint(3) unsigned NOT NULL,
`wool` smallint(3) unsigned NOT NULL,
`leatherette` smallint(3) unsigned NOT NULL,
`polyamide` smallint(3) unsigned NOT NULL,
`polyester` smallint(3) unsigned NOT NULL,
`viscose` smallint(3) unsigned NOT NULL,
PRIMARY KEY (`productID`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

--
-- Estructura de la taula `products_sizecharts`
--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `products_sizecharts` (
  `productID` char(14) NOT NULL,
  `size` char(3) NOT NULL,
  `quantity` smallint(5) unsigned NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`productID`,`size`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

--
-- Estructura de la taula `products_distances`
--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `products_distances` (
  `productID1` char(14) NOT NULL,
  `productID2` char(14) NOT NULL,
  `distance` float unsigned NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`productID1`,`productID2`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

--
-- Estructura de la taula `clients`
--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `clients` (
  `clientID` char(9) NOT NULL,
  `firtsName` varchar(25) NOT NULL,
  `lastName` varchar(25) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`clientID`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

--
-- Estructura de la taula `purchasing`
--

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `purchasing` (
  `clientID` char(9) NOT NULL,
  `productID` char(14) NOT NULL,

```

```

    `bought` tinyint(1) unsigned NOT NULL DEFAULT '0',
    PRIMARY KEY (`clientID`,`productID`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

```

```

--
-- Estructura de la taula `products_cosines`
--

```

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `products_cosines` (
  `productID1` char(14) NOT NULL,
  `productID2` char(14) NOT NULL,
  `cosine` float NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`productID1`,`productID2`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;

```

11.2 Codi font

11.2.1 fittingroom.php

```

<?php
#####
# fittingroom.php
#
# Copyright (C) 2015
# Jordi Toret Mena <jtoret@uoc.edu>
#
#####
?>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8" />
<title>Smart Store - Fitting room</title>
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="style2.css">
<link
                                rel="stylesheet"
href="//code.jquery.com/ui/1.11.4/themes/smoothness/jquery-ui.css">
<script
                                type="text/javascript"
src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.11.3/jquery.min.js
"></script>
<script
                                type="text/javascript"
src="//code.jquery.com/ui/1.11.4/jquery-ui.js"></script>
<script type="text/javascript" src="classAjaxCombo.js"></script>
<script>
$(document).ready(function(){
    // Variable for combos
    var ajax_combo = new classAjaxCombo();
    // Buttons definition
    $("button").button();
    // Select details from selected product
    function select_product_details(productID) {

```

```

    // Select products details from database
    var posting = $.post("smartstore_ajax.php", { action:
"selectProductDetails", productID: productID });
    posting.done(function(data) {
        var productData = jQuery.parseJSON(data);
        // Save data
        $("#productID").val(productData.productID);
        // Store images sources
        var url = "url(/images/" + productData.productID + "-1.jpeg)";
        $('#image1').css("background-image", url);
        var url = "url(/images/" + productData.productID + "-2.jpeg)";
        $('#image2').css("background-image", url);
        $('#product-title').text(productData.name);
        $('#price-value').text(productData.price + ' €');
        $('#color-value').text(productData.color);
        $('#tonality-value').text(productData.tonality);
        $('#pattern-value').text(productData.pattern);
        $('#composition-value').text(productData.composition);
        $('#sizes-value').text("32, 34, 36, 38, 40, 42");
        $('#location-value').text("Planta Baixa - A1");
        $('#product-description').text(productData.description);
        $('#product-id').text(productData.productID);
    });
    return false;
}
// Recommender function by similarity
function recommender_by_similarity(productID) {
    // Select 5th nearest products from database
    var posting = $.post("smartstore_ajax.php", { action:
"selectSimilarityProducts", productID: productID, quantity: 5 });
    posting.done(function(data) {
        var productsData = eval('(' + data + ')');
        var i = 1;
        $.each(productsData.result, function() {
            // Store product info
            var url = "url(/images/" + this.productID + "-1.jpeg)";
            $('#recommended1-image'+i).css("background-image", url);
            $('#recommended1-url_image'+i).attr("name",
this.productID);
            $('#recommended1-product-title'+i).text(this.name);
            $('#recommended1-price-value'+i).text(this.price + ' €');
            i = i + 1;
        });
    });
    return false;
}
// Recommender function by purchase statistics
function recommended_by_others(productID) {
    // Select 5th nearest products from database
    var posting = $.post("smartstore_ajax.php", { action:
"selectPurchasedProducts", productID: productID, quantity: 5 });
    posting.done(function(data) {

```

```

var productsData = eval('(' + data + ')');
var i = 1;
$.each(productsData.result, function() {
    // Store product info
    var url = "url(/images/" + this.productID + "-1.jpeg)";
    $('#recommended2-image'+i).css("background-image", url);
    $('#recommended2-url_image'+i).attr("name",
this.productID);
    $('#recommended2-product-title'+i).text(this.name);
    $('#recommended2-price-value'+i).text(this.price + ' €');
    i = i + 1;
});
});
return false;
}
// Window dialog definition
$("#product-select-form").dialog({
    autoOpen: false,
    height: 480,
    width: 480,
    modal: true,
    buttons: {
        Tanca: function() {
            $(this).dialog("close");
        }
    }
});
// Click button random-product-select function
$("#random-product-select").click(function() {
    // Store classifiers
    var classifier1 = $("#classifier1").val();
    var classifier2 = $("#classifier2").val();
    var classifier3 = $("#classifier3").val();
    // Select random product from database
    var posting = $.post("smartstore_ajax.php", { action:
"selectProductDetails", classifier1: classifier1, classifier2:
classifier2, classifier3: classifier3 });
    posting.done(function(data) {
        var productData = jQuery.parseJSON(data);
        // Save data
        $("#productID").val(productData.productID);
        // Store images sources
        var url = "url(/images/" + productData.productID + "-1.jpeg)";
        $('#image1').css("background-image", url);
        var url = "url(/images/" + productData.productID + "-2.jpeg)";
        $('#image2').css("background-image", url);
        $('#product-title').text(productData.name);
        $('#price-value').text(productData.price + ' €');
        $('#color-value').text(productData.color);
        $('#tonality-value').text(productData.tonality);
        $('#pattern-value').text(productData.pattern);
        $('#composition-value').text(productData.composition);
    });
});

```

```

        $('#sizes-value').text("32, 34, 36, 38, 40, 42");
        $('#location-value').text("Planta Baixa - A1");
        $('#product-description').text(productData.description);
        // Close dialog
        $("#product-select-form").dialog("close");
        // Show product-area
        $(".product-area").show();
        // Call to recommender by similarity
        recommender_by_similarity(productData.productID);
        // Call to recommender by orthers
        recommended_by_others(productData.productID);
        // Show product-recommendation-area
        $(".product-recommendation-area").show();
    });
    return false;
});
// Click product-select-button class function
$(document).on('click', '.product-select-button', function() {
    // Obtain button id
    var id = $(this).val();
    // Select productID
    var productID = $("#productID"+id).val();
    // Close dialog
    $("#product-select-form").dialog("close");
    // Call to select_product_details
    select_product_details(productID);
    // Call to recommender by similarity
    recommender_by_similarity(productID);
    // Call to recommender by orthers
    recommended_by_others(productID);
    // Show product-area and product-recommendation-area
    $(".product-area").show();
    $(".product-recommendation-area").show();
    return false;
});
// Change classifier3 select function
$("#classifier3").change(function() {
    // Store classifiers
    var classifier1 = $("#classifier1").val();
    var classifier2 = $("#classifier2").val();
    var classifier3 = $("#classifier3").val();
    // Select products on database
    var posting = $.post("smartstore_ajax.php", { action:
"selectProducts", classifier1: classifier1, classifier2: classifier2,
classifier3: classifier3 });
    posting.done(function(data) {
        // Fix products in the div
        $("#products-selected-list").html("");
        var strRow = '<div class="header-row row">\n' +
            '<div class="header-column"
style="width:125px">productID</div>\n' +

```



```

    '<div class="header-column" style="width:300px">Name</div>\n'
+
    '<div class="header-column" style="width:25px"></div>\n' +
    '</div>';
// Add the header row
$("#products-selected-list").append(strRow);
var num = 1;
var res = eval('(' + data + ')');
$.each(res.result, function() {
    // Store product data
    var strRow = '<div class="row">\n' +
        '<div class="separator-row"></div>\n' +
        '<div class="column-detail" style="width:125px"><input
type="text" id="productID' + num + '" name="productID[]" size="14"
value="" + this.productID + '" class="camp_fix" readonly="readonly"
/></div>\n' +
        '<div class="column-detail" style="width:300px"><input
type="text" id="productName' + num + '" name="productName[]" size="40"
value="" + this.name + '" class="camp_fix" readonly="readonly"
/></div>\n' +
        '<div class="column-detail" style="width:25px"><button
id="product-select-button' + num + '" value="" + num + '"
class="product-select-button">Selecciona producto</button></div>\n' +
        '</div>';
    // Add product row
    $("#products-selected-list").append(strRow);
    //$("#product-select-button" + num + "").button({icons:
{primary: "ui-icon-check"}, text: false});
    num++;
});
// Define button select
$(".product-select-button").button({icons: {primary: "ui-icon-
check"}, text: false});
});
// Change classifier2 select function
$("#classifier2").change(function() {
    // Store classifier1 and classifier2 data
    var classifier1 = $("#classifier1").val();
    var classifier2 = $("#classifier2").val();
    if (classifier1 != "" && classifier2 != "") {
        // Show classifier3 combo
        $(".classifier3").show();
        // Load classifier3 combo data
        ajax_combo.loadCmbJson("smartstore_ajax.php", {action:
"showClassifier", classifierName: "classifier3", classifier1:
classifier1, classifier2: classifier2}, "classifier3");
    } else {
        // Hide classifier3 combo
        $(".classifier3").hide();
    }
});
});

```

```

// Click product-area button function
$("#product-select").click(function() {
    // Hide product-area and product-recommendation-area
    $(".product-area").hide();
    $(".product-recommendation-area").hide();
    // Clear dialog
    $("#products-selected-list").html("");
    // Open dialog
    $("#product-select-form").dialog("open");
    // Load classifier1 combo data
    ajax_combo.loadCmbJson("smartstore_ajax.php", {action:
"showClassifier", classifierName: "classifier1"}, "classifier1");
    // Load classifier2 combo data
    ajax_combo.loadCmbJson("smartstore_ajax.php", {action:
"showClassifier", classifierName: "classifier2"}, "classifier2");
    // Hide classifier3 combo
    $(".classifier3").hide();
});
// Click recommender-product-image function
$(".recommender-url-image").click(function() {
    var productID = $(this).attr("name");
    // Change product selected
    select_product_details(productID);
    // Call to recommender by similarity
    recommender_by_similarity(productID);
    // Call to recommender by others
    recommended_by_others(productID);
});
// Hide sections product-area and product-recommendation-area
$(".product-area").hide();
$(".product-recommendation-area").hide();
});
</script>
</head>
<body>
<div class="wrapper">
    <div class="header">
        <h1 class="title">Smart store with shopping assistant system</h1>
        <hr />
        <h2 class="subtitle">Simulació de l'empvador</h2>
        <div class="button"><button id="product-select" data-
rel="popup">Selecciona Producte</button></div>
    </div>
    <section class="product-area">
        <div id="image1" class="product-img"></div>
        <div id="image2" class="product-img"></div>
        <div class="product-info">
            <h3 id="product-title" class="product-title"></h3>
            <div><span id="price-value" class="product-title"></span></div>
            <div class="product-details"><span class="product-details-
label">Color:&nbsp;&nbsp;&nbsp;</span><span id="color-value" class="product-
details-value"></span></div>

```

```

        <div class="product-details"><span class="product-details-label">Tonalitat:&nbsp;</span><span class="product-details-value" id="tonality-value"></span></div>
        <div class="product-details"><span class="product-details-label">Motiu:&nbsp;</span><span id="pattern-value" class="product-details-value"></span></div>
        <div class="product-details"><span class="product-details-label">Composici&ocute;:&nbsp;</span><span class="product-details-value" id="composition-value"></span></div>
        <div class="product-details"><span class="product-details-label">Talles:&nbsp;</span><span id="sizes-value" class="product-details-value"></span></div>
        <div class="product-details"><span class="product-details-label">Localitzaci&ocute;:&nbsp;</span><span class="product-details-value" id="location-value"></span></div>
        <div class="product-details"><span class="product-details-label">Descripci&ocute;:&nbsp;</span></div>
        <div class="product-details"><span id="product-description" class="product-details-value"></span></div>
    </div>
</section>
<hr />
<section id="recommended-by-similarity" class="product-recommendation-area">
    <header>
        <h2 class="subtitle">Altres productes similars</h2>
    </header>
    <div class="row swipe">
        <ul class="swipe-items">
            <li class="swipe-item">
                <a id="recommended1-url_image1" name="" class="recommender-url-image"><div id="recommended1-image1" class="recommended-product-img"></div></a>
                <div id="recommended1-product-title1" class="recommended-product-title"></div>
                <div><span id="recommended1-price-value1" class="recommended-product-title"></span></div>
            </li>
            <li class="swipe-item item-margin">
                <a id="recommended1-url_image2" name="" class="recommender-url-image"><div id="recommended1-image2" class="recommended-product-img"></div></a>
                <div id="recommended1-product-title2" class="recommended-product-title"></div>
                <div><span id="recommended1-price-value2" class="recommended-product-title"></span></div>
            </li>
            <li class="swipe-item item-margin">
                <a id="recommended1-url_image3" name="" class="recommender-url-image"><div id="recommended1-image3" class="recommended-product-img"></div></a>

```

```

        <div id="recommended1-product-title3" class="recommended-
product-title"></div>
        <div><span id="recommended1-price-value3"
class="recommended-product-title"></span></div>
    </li>
    <li class="swipe-item item-margin">
        <a id="recommended1-url_image4" name="" class="recommender-
url-image"><div id="recommended1-image4" class="recommended-product-
img"></div></a>
        <div id="recommended1-product-title4" class="recommended-
product-title"></div>
        <div><span id="recommended1-price-value4"
class="recommended-product-title"></span></div>
    </li>
    <li class="swipe-item item-margin">
        <a id="recommended1-url_image5" name="" class="recommender-
url-image"><div id="recommended1-image5" class="recommended-product-
img"></div></a>
        <div id="recommended1-product-title5" class="recommended-
product-title"></div>
        <div><span id="recommended1-price-value5"
class="recommended-product-title"></span></div>
    </li>
</ul>
</div>
</section>
<section id="recommended-by-others" class="product-recommendation-
area">
    <header>
        <h2 class="subtitle">Altres tamb&eacute; han comprat</h2>
    </header>
    <div class="row swipe">
        <ul class="swipe-items">
            <li class="swipe-item">
                <a id="recommended2-url_image1" name="" class="recommender-
url-image"><div id="recommended2-image1" class="recommended-product-
img"></div></a>
                <div id="recommended2-product-title1" class="recommended-
product-title"></div>
                <div><span id="recommended2-price-value1"
class="recommended-product-title"></span></div>
            </li>
            <li class="swipe-item item-margin">
                <a id="recommended2-url_image2" name="" class="recommender-
url-image"><div id="recommended2-image2" class="recommended-product-
img"></div></a>
                <div id="recommended2-product-title2" class="recommended-
product-title"></div>
                <div><span id="recommended2-price-value2"
class="recommended-product-title"></span></div>
            </li>
            <li class="swipe-item item-margin">

```

```

        <a id="recommended2-url_image3" name="" class="recommender-
url-image"><div id="recommended2-image3" class="recommended-product-
img"></div></a>
        <div id="recommended2-product-title3" class="recommended-
product-title"></div>
        <div><span id="recommended2-price-value3"
class="recommended-product-title"></span></div>
    </li>
    <li class="swipe-item item-margin">
        <a id="recommended2-url_image4" name="" class="recommender-
url-image"><div id="recommended2-image4" class="recommended-product-
img"></div></a>
        <div id="recommended2-product-title4" class="recommended-
product-title"></div>
        <div><span id="recommended2-price-value4"
class="recommended-product-title"></span></div>
    </li>
    <li class="swipe-item item-margin">
        <a id="recommended2-url_image5" name="" class="recommender-
url-image"><div id="recommended2-image5" class="recommended-product-
img"></div></a>
        <div id="recommended2-product-title5" class="recommended-
product-title"></div>
        <div><span id="recommended2-price-value5"
class="recommended-product-title"></span></div>
    </li>
</ul>
</div>
</section>
</div>
<div id="product-select-form" title="Seleccona Producte">
    <form>
        <p><label for="classifier1">Classificador 1:</label>&nbsp;<select
name="classifier1" id="classifier1"></select></p>
        <p><label for="classifier2">Classificador 2:</label>&nbsp;<select
name="classifier2" id="classifier2"></select></p>
        <p class="classifier3"><label for="classifier3">Classificador
3:</label>&nbsp;<select name="classifier3"
id="classifier3"></select></p>
        <input type="hidden" id="productID-selected" name="productID-
selected" value="" />
        <div class="button"><button id="random-product-
select">Aleatori</button></div>
        <hr />
        <div id="products-selected-list" class="products-selected-
list"></div>
    </form>
</div>
</body>
</html>

```

11.2.2 smartstore_ajax.php

```
<?php
#####
# smartstore_ajax.php
#
# Copyright (C) 2015
# Jordi Tuset Mena <jtoset@uoc.edu>
#
#####

header('Content-Type: text/html; charset=UTF-8');

include "config.inc.php";
include "utils.php";

// Test if action parameter is set
if (!isset($_POST["action"])) {
    header("Location: ".$url_smartstore."/admin.php");
    exit();
}

// Connect to database
$link = mysql_connect($server, $username, $password) or die('Could not
connect: ' . mysql_error());

// Select database
mysql_select_db($database_name, $link) or die('Could not select
database.');
```

```
// swicht action
switch ($_POST["action"]) {
    case "initializeDistances":
        // Initialize features vectors
        $features_type = unserialize (FEATURES_TYPES);
        $features_min = unserialize (FEATURES_MIN);
        $features_max = unserialize (FEATURES_MAX);
        // Delete all distances
        $sql = "DELETE
                FROM products_distances";
        mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL error
occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br />\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
        // Get all of classifier1
        $sql = "SELECT classifierID
                FROM products_classifiers
                WHERE classifierName = 'classifier1'
                ORDER BY classifierID";
        $result1 = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal
MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br />\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
        // For every classifier1 do
```

```

while ($row1 = mysql_fetch_row($result1)) {
    $classifier1 = $row1[0];
    // Get all of classifier2
    $sql = "SELECT classifierID
            FROM products_classifiers
            WHERE classifierName = 'classifier2'
            ORDER BY classifierID";
    $result2 = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A
fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    // For every classifier2 do
    while ($row2 = mysql_fetch_row($result2)) {
        $classifier2 = $row2[0];
        // Get all of classifier3
        $sql = "SELECT classifierID
                FROM products_classifiers
                WHERE classifierName =
'classifier3'
                ORDER BY classifierID";
        $result3 = mysql_query($sql, $link) or
die("<b>A fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
        // For every classifier3 do
        while ($row3 = mysql_fetch_row($result3)) {
            $classifier3 = $row3[0];
            $sql = "SELECT *
                    FROM products_features
                    WHERE classifier1 =
'$classifier1' AND classifier2 = '$classifier2' AND classifier3 =
'$classifier3' AND productID > '$productID1'
                    ORDER BY productID";
            $result4 = mysql_query($sql, $link) or
die("<b>A fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
            // For every product in classifier1 and
classifier2, calculate the features distance with the rest of products
            while ($row4 = mysql_fetch_row($result4))
            {
                $productID1 = $row4[0];
                $a = array_slice($row4,4);
                // Select the rest of products
features
                $sql = "SELECT *
                        FROM products_features
                        WHERE classifier1 =
'$classifier1' AND classifier2 = '$classifier2' AND classifier3 =
'$classifier3' AND productID > '$productID1'
                        ORDER BY productID";
                $result5 = mysql_query($sql, $link)
or die("<b>A fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql .
"<br />\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());

```

```

mysql_fetch_row($result5)) {
    while ($row5 =
        $productID2 = $row5[0];
        // Remove the first four
elements (productID, classifier1, classifier2 and classifier3)
        $b = array_slice($row5,4);
        // Calculate the distance
        $res = HEOM_norm($a, $b,
$features_type, $features_min, $features_max, NUM_FEATURES - 4);
        // Add to the distances table
        $sql = "INSERT INTO
products_distances (productID1, productID2, distance)
        VALUES
('$productID1', '$productID2', $res)";
        mysql_query($sql, $link) or
die("<b>A fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    }
    // Free result sets
    mysql_free_result($result5);
}
// Free result sets
mysql_free_result($result4);
}
// Free result sets
mysql_free_result($result3);
}
// Free result sets
mysql_free_result($result2);
}
// Free result sets
mysql_free_result($result1);
break;
case "initializePurchasing":
    // Delete all purchasing
    $sql = "DELETE
        FROM purchasing";
    mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL error
occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br />\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    // Update boughts on products table
    $sql = "UPDATE products
        SET bought = 0";
    mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL error
occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br />\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    // Select all users in data base
    $sql = "SELECT userID
        FROM users
        ORDER BY userID";

```



```

        $result1 = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal
MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br />\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
        // For every user do
        while ($row1 = mysql_fetch_row($result1)) {
            $userID = $row1[0];
            // Select all products in data base
            $sql = "SELECT productID
                    FROM products
                    ORDER BY productID";
            $result2 = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A
fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
            // For every product do
            while ($row2 = mysql_fetch_row($result2)) {
                $productID = $row2[0];
                // Insert new user in purchasing table
                $sql = "INSERT INTO purchasing
                        VALUES ('$userID', '$productID',
0)";
                mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal
MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br />\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
            }
            // Free result sets
            mysql_free_result($result2);
        }
        // Free result sets
        mysql_free_result($result1);
        break;
    case "initializeCosines":
        // Delete all products cosines
        $sql = "DELETE
                FROM products_cosines";
        mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL error
occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br />\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
        // Select all products in data base
        $sql = "SELECT productID
                FROM products
                ORDER BY productID";
        $result1 = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal
MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br />\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
        // For every one of the product's cosines similarity pairs,
update the cosines table
        while ($row1 = mysql_fetch_row($result1)) {
            $productID1 = $row1[0];
            // Select the rest of products
            $sql = "SELECT productID
                    FROM products
                    WHERE productID > '$productID1'

```

```

ORDER BY productID";
$result2 = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A
fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
while ($row2 = mysql_fetch_row($result2)) {
    $productID2 = $row2[0];
    // Select bought of all users and product is
productID1
    $sql = "SELECT GROUP_CONCAT(bought SEPARATOR
', ' ) AS boughts
FROM purchasing
WHERE productID = '$productID1'
ORDER BY userID";
    $result3 = mysql_query($sql, $link) or
die("<b>A fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    $row_tmp = mysql_fetch_row($result3);
    $a = explode(",", $row_tmp[0]);
    // Free result sets
mysql_free_result($result3);
    // Select bought of all users and productID is
productID2
    $sql = "SELECT GROUP_CONCAT(bought SEPARATOR
', ' ) AS boughts
FROM purchasing
WHERE productID = '$productID2'
ORDER BY userID";
    $result3 = mysql_query($sql, $link) or
die("<b>A fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    $row_tmp = mysql_fetch_row($result3);
    $b = explode(",", $row_tmp[0]);
    // Calculate the cosinus
$value = cosinus($a, $b);
    // Update the products_cosines table
$productID1, productID2, cosine)
    $sql = "INSERT INTO products_cosines
VALUES ('$productID1',
'$productID2', $value)";
    mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal
MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
}
// Free result sets
mysql_free_result($result2);
}
// Free result sets
mysql_free_result($result1);
break;
case "showClassifier":
    // Select all classifier with selected classifierName
$classifierName = $_POST['classifierName'];

```

```

switch ($classifierName) {
    case "classifier1":
        $sql = "SELECT products_classifiers.*
                FROM products_features
                LEFT JOIN products_classifiers ON
products_classifiers.classifierName = 'classifier1' AND
products_classifiers.classifierID = products_features.classifier1
                GROUP BY
products_features.classifier1
                ORDER BY
products_classifiers.description";
        break;
    case "classifier2":
        $sql = "SELECT products_classifiers.*
                FROM products_features
                LEFT JOIN products_classifiers ON
products_classifiers.classifierName = 'classifier2' AND
products_classifiers.classifierID = products_features.classifier2
                GROUP BY
products_features.classifier2
                ORDER BY
products_classifiers.description";
        break;
    case "classifier3":
        $classifier1 = $_POST['classifier1'];
        $classifier2 = $_POST['classifier2'];
        $sql = "SELECT products_classifiers.*
                FROM products_features
                LEFT JOIN products_classifiers ON
products_classifiers.classifierName = 'classifier3' AND
products_classifiers.classifierID = products_features.classifier3
                WHERE products_features.classifier1
= '$classifier1' AND products_features.classifier2 = '$classifier2'
                GROUP BY
products_features.classifier3
                ORDER BY
products_classifiers.description";
        break;
}
$result = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL
error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
$data = array();
$i = 0;
while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
    $data[$i]["value"] = $row["classifierID"];
    $data[$i]["name"] = utf8_encode($row["description"]);
    $i++;
}
mysql_free_result($result);
$dataset["result"] = $data;
echo json_encode($dataset);

```

```

        break;
    case "selectProducts":
        // Select products
        $classifier1 = $_POST['classifier1'];
        $classifier2 = $_POST['classifier2'];
        $classifier3 = $_POST['classifier3'];
        $sql = "SELECT products.productID, products.name
                FROM products
                LEFT JOIN products_features ON
products_features.productID = products.productID
                WHERE products_features.classifier1 =
'$classifier1' AND
                products_features.classifier2 = '$classifier2'
AND
                products_features.classifier3 = '$classifier3'
                ORDER BY products.name";
        $result = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL
error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br />\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
        $data = array();
        $i = 0;
        while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
            $data[$i]["productID"] = $row["productID"];
            $data[$i]["name"] = utf8_encode($row["name"]);
            $i++;
        }
        mysql_free_result($result);
        $dataset["result"] = $data;
        echo json_encode($dataset);
        break;
    case "selectProductDetails":
        // Select product details
        if (isset($_POST['productID'])) {
            // Product selected
            $productID = $_POST['productID'];
            $sql = "SELECT products.*, pc1.description AS
color_name, pc2.description AS tonality_name, pc3.description AS
pattern_name, products_features.*
                FROM products
                LEFT JOIN products_features ON
products.productID = products_features.productID
                LEFT JOIN products_classifiers AS pc1 ON
pc1.classifierName = 'color' AND products_features.color =
pc1.classifierID
                LEFT JOIN products_classifiers AS pc2 ON
pc2.classifierName = 'tonality' AND products_features.tonality =
pc2.classifierID
                LEFT JOIN products_classifiers AS pc3 ON
pc3.classifierName = 'pattern' AND products_features.pattern =
pc3.classifierID
                WHERE products.productID = $productID";
        } else {

```

```

        // Random product
        if (!empty($_POST['classifier1'])) $sql_classifiers
= " AND products_features.classifier1 = '$_POST[classifier1]'";
        if (!empty($_POST['classifier2'])) $sql_classifiers
.= " AND products_features.classifier2 = '$_POST[classifier2]'";
        if (!empty($_POST['classifier3'])) $sql_classifiers
.= " AND products_features.classifier3 = '$_POST[classifier3]'";
        $sql = "SELECT products.*, pc1.description AS
color_name, pc2.description AS tonality_name, pc3.description AS
pattern_name, products_features.*
        FROM products
        LEFT JOIN products_features ON
products.productID = products_features.productID
        LEFT JOIN products_classifiers AS pc1 ON
pc1.classifierName = 'color' AND products_features.color =
pc1.classifierID
        LEFT JOIN products_classifiers AS pc2 ON
pc2.classifierName = 'tonality' AND products_features.tonality =
pc2.classifierID
        LEFT JOIN products_classifiers AS pc3 ON
pc3.classifierName = 'pattern' AND products_features.pattern =
pc3.classifierID
        WHERE 1 = 1 $sql_classifiers
        ORDER BY RAND()
        LIMIT 1";
    }
    $result = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL
error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    $row = mysql_fetch_assoc($result);
    $data = array();
    $data["productID"] = $row["productID"];
    $data["name"] = utf8_encode($row["name"]);
    $data["description"] = utf8_encode($row["description"]);
    $data["price"] = number_format($row["price"],2,',','.');
    $data["color"] = utf8_encode($row["color_name"]);
    $data["tonality"] = utf8_encode($row["tonality_name"]);
    $data["pattern"] = utf8_encode($row["pattern_name"]);
    $composition = "";
    if ($row["acrylic"] > 0) $composition = "Acrílico:
".$row["acrylic"]."%";
    if ($row["other_fibers"] > 0) {
        if (!empty($composition)) $composition .= ", Autres
fibres: ".$row["other_fibers"]."%";
        else $composition = "Autres fibres:
".$row["other_fibers"]."%";
    }
    if ($row["cotton"] > 0) {
        if (!empty($composition)) $composition .= ", Cotó:
".$row["cotton"]."%";
        else $composition = "Cotó: ".$row["cotton"]."%";
    }
}

```

```

        if ($row["leather"] > 0) {
            if (!empty($composition)) $composition .= ", Pell:
".$row["leather"]."%";
            else $composition = "Pell: ".$row["leather"]."%";
        }
        if ($row["elastane"] > 0) {
            if (!empty($composition)) $composition .= ", Elastà:
".$row["elastane"]."%";
            else $composition = "Elastà: ".$row["elastane"]."%";
        }
        if ($row["wool"] > 0) {
            if (!empty($composition)) $composition .= ", Llana:
".$row["wool"]."%";
            else $composition = "Llana: ".$row["wool"]."%";
        }
        if ($row["leatherette"] > 0) {
            if (!empty($composition)) $composition .= ", Imitació
pell: ".$row["leatherette"]."%";
            else $composition = "Imitació pell:
".$row["leatherette"]."%";
        }
        if ($row["polyamide"] > 0) {
            if (!empty($composition)) $composition .= ",
Poliamida: ".$row["polyamide"]."%";
            else $composition = "Poliamida:
".$row["polyamide"]."%";
        }
        if ($row["polyester"] > 0) {
            if (!empty($composition)) $composition .= ",
Polièster: ".$row["polyester"]."%";
            else $composition = "Polièster:
".$row["polyester"]."%";
        }
        if ($row["viscose"] > 0) {
            if (!empty($composition)) $composition .= ", Viscosa:
".$row["viscose"]."%";
            else $composition = "Visocosa: ".$row["viscose"]."%";
        }
        $data["composition"] = $composition;
        mysql_free_result($result);
        echo json_encode($data);
        break;
    case "selectSimilarityProducts":
        // Select products by similarity
        $productID = $_POST['productID'];
        $quantity = $_POST['quantity'];
        // Find de 5th products nearest
        $sql = "SELECT products.name, products.price, distances.*
FROM
((SELECT productID2 AS productID, distance
FROM products_distances
WHERE productID1 = '$productID')

```

```

        UNION
        (SELECT productID1 AS productID, distance
         FROM products_distances
         WHERE productID2 = '$productID')
        ORDER BY distance ASC) AS distances
LEFT JOIN products ON products.productID =
distances.productID
        LIMIT $quantity";
    $result = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL
error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    $data = array();
    $i = 0;
    while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
        $data[$i]["productID"] = $row["productID"];
        $data[$i]["name"] = utf8_encode($row["name"]);
        $data[$i]["description"] =
utf8_encode($row["description"]);
        $data[$i]["price"] =
number_format($row["price"],2,',','.');
        $i++;
    }
    mysql_free_result($result);
    $dataset["result"] = $data;
    echo json_encode($dataset);
    break;
case "selectPurchasedProducts":
    // Select products by purchase statistics
    $productID = $_POST['productID'];
    $quantity = $_POST['quantity'];
    // Find de 5th products nearest
    $sql = "SELECT products.name, products.price, cosines.*
        FROM
        ((SELECT productID2 AS productID, cosine
         FROM products_cosines
         WHERE productID1 = '$productID')
        UNION
        (SELECT productID1 AS productID, cosine
         FROM products_cosines
         WHERE productID2 = '$productID')
        ORDER BY cosine DESC) AS cosines
LEFT JOIN products ON products.productID =
cosines.productID
        ORDER BY cosine DESC, bought DESC
        LIMIT $quantity";
    $result = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL
error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    $data = array();
    $i = 0;
    while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
        $data[$i]["productID"] = $row["productID"];

```

```

        $data[$i]["name"] = utf8_encode($row["name"]);
        $data[$i]["description"] =
utf8_encode($row["description"]);
        $data[$i]["price"] =
number_format($row["price"],2,',','.');
        $i++;
    }
    mysql_free_result($result);
    $dataset["result"] = $data;
    echo json_encode($dataset);
    break;
case "enterPurchasing":
    // Save form values
    $userID = $_POST['userID'];
    $productID = $_POST['productID'];
    // Update bought on purchasing table
    $sql = "UPDATE purchasing
            SET bought = 1
            WHERE userID = '$userID' AND productID =
'$productID'";
    mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL error
occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    // Update bought on products table
    $sql = "UPDATE products
            SET bought = bought + 1
            WHERE productID = '$productID'";
    mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL error
occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    // Get all of the product's cosines similarity pairs with
productID purchasing
    $sql = "SELECT productID1, productID2
            FROM products_cosines
            WHERE productID1 = '$productID' OR productID2 =
'$productID'";
    $result = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL
error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
    // For every one of the product's cosines similarity pairs,
update the cosines table
    while ($row = mysql_fetch_assoc($result)) {
        $productID1 = $row['productID1'];
        $productID2 = $row['productID2'];
        // Select bought of all users and product is
productID1
boughts
        $sql = "SELECT GROUP_CONCAT(bought SEPARATOR ',' ) AS
            FROM purchasing
            WHERE productID = '$productID1'
            ORDER BY userID";

```



```

        $result1 = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A
fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
        $row_tmp = mysql_fetch_row($result1);
        $a = explode(",", $row_tmp[0]);
        // Select bought of all users and productID is
productID2
        $sql = "SELECT GROUP_CONCAT(bought SEPARATOR ',' ) AS
boughts
                FROM purchasing
                WHERE productID = '$productID2'
                ORDER BY userID";
        $result2 = mysql_query($sql, $link) or die("<b>A
fatal MySQL error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br
/>\nError: (" . mysql_errno() . ") " . mysql_error());
        $row_tmp = mysql_fetch_row($result2);
        $b = explode(",", $row_tmp[0]);
        // Calculate the cosinus
        $value = cosinus($a, $b);
        // Update the products_cosines table
        $sql = "UPDATE products_cosines
                SET cosine = $value
                WHERE productID1 = '$productID1' AND
productID2 = '$productID2'";
        mysql_query($sql, $link) or die("<b>A fatal MySQL
error occured</b>.\n<br />Query: " . $sql . "<br />\nError: (" .
mysql_errno() . ") " . mysql_error());
        // Free results sets
        mysql_free_result($result1);
        mysql_free_result($result2);
    }
    // Free results sets
    mysql_free_result($result);
    // Send 'Ok' in result
    $data = array();
    $data["result"] = "OK";
    echo json_encode($data);
    break;
}

// Disconnect and go to index
mysql_close($link);
?>

```

11.2.3 utis.php

A continuació es mostra el codi font de les funcions encarregades de realitzar les similitud dels articles (HEOM) i la similitud entre clients i compres de productes.

```

<?php
#####
# utils.php
#
# Copyright (C) 2015
# Jordi Tuset Mena <jtoset@uoc.edu>
#
#####

/**
 * Euclidean norm
 *  $\|x\| = \sqrt{x \cdot x}$  //  $\cdot$  is a dot product
 *
 * @param array $vector
 * @return mixed
 */
function norm(array $vector) {
    return sqrt(dotProduct($vector, $vector));
}

/**
 * Dot product
 *  $a \cdot b = \text{summation}_{i=1,n}\{a[i] * b[i]\}$ 
 *
 * @param array $a
 * @param array $b
 * @return mixed
 */
function dotProduct(array $a, array $b) {
    $dotProduct = 0;
    // to speed up the process, use keys with non-empty values
    $keysA = array_keys(array_filter($a));
    $keysB = array_keys(array_filter($b));
    $uniqueKeys = array_unique(array_merge($keysA, $keysB));
    foreach ($uniqueKeys as $key) {
        if (!empty($a[$key]) && !empty($b[$key]))
            $dotProduct += ($a[$key] * $b[$key]);
    }
    return $dotProduct;
}

/**
 * Cosine similarity for non-normalised vectors
 *  $\text{sim}(a, b) = (a \cdot b) / (\|a\| * \|b\|)$ 
 *
 * @param array $a
 * @param array $b
 * @return mixed
 */
function cosinus(array $a, array $b) {
    $normA = norm($a);
    $normB = norm($b);

```

```

    return (($normA * $normB) != 0)
        ? dotProduct($a, $b) / ($normA * $normB)
        : 0;
}

/**
 * Overlap
 * overlap(a,b) = 1 if are different, 0 otherwise
 *
 * @param mixed $a
 * @param mixed $b
 * @return mixed
 */
function overlap($a, $b) {
    return ($a <> $b)
        ? 1
        : 0;
}

/**
 * Normalized Euclidean Distance
 * diff(a,b) = |a - b| / (max - min)
 *
 * @param mixed $a
 * @param mixed $b
 * @param mixed $min
 * @param mixed $max
 * @return mixed
 */
function diff($a, $b, $min, $max) {
    return (abs($a - $b) / ($max - $min));
}

/**
 * Distance HEOM
 * distance_HEOM(a,b)
 *
 * @param mixed $a
 * @param mixed $b
 * @param mixed $type = {nominal or lineal}
 * @param mixed $min (optional)
 * @param mixed $max (optional)
 * @return mixed
 */
function distance_HEOM($a, $b, $type, $min = NULL, $max = NULL) {
    switch ($type) {
        case "nominal":
            $res = overlap($a,$b);
            break;
        case "lineal":
            $res = diff($a,$b,$min,$max);
            break;
    }
}

```

```

        default:
            echo "ERROR";
            break;
    }
    return $res;
}

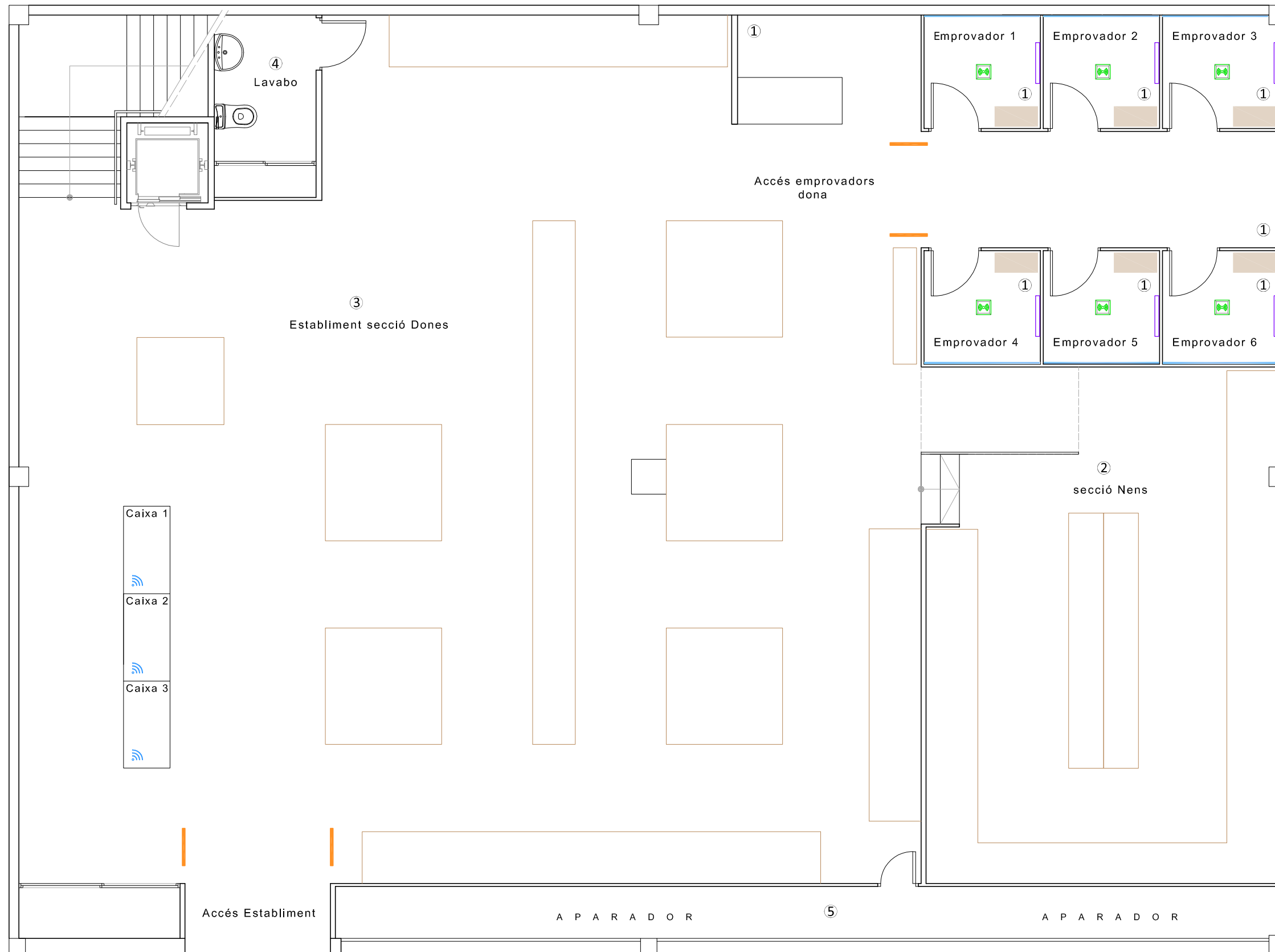
/**
 * Heterogeneous Euclidean-Overlap Method for non-normalised vectors
 * HEOM_norm(a, b)
 *
 * @param array $a
 * @param array $b
 * @param array $types (type of scales)
 * @param array $min (min values of lineal features)
 * @param array $max (max values of lineal features)
 * @param mixed $n (number of features)
 * @return mixed
 */
function HEOM_norm(array $a, array $b, array $types, array $min, array
$max, $n) {
    $res = 0;
    // calculate the distances
    for ($i = 0; $i < $n; $i++) {
        $res
pow(distance_HEOM($a[$i], $b[$i], $types[$i], $min[$i], $max[$i]), 2); +=
    }
    $res = sqrt($res);
    // normalized
    $res = $res / sqrt($n);
    return $res;
}
?>

```

11.3 Plànols de la botiga

A continuació, en les dues darreres pàgines, es mostra en format apaïsat i en A3 el disseny de la botiga objecte central d'aquest treball.

📶 Lector RFID amb antena integrada
📶 Lector RFID encastat
— Portal antirobatori



ZONA 1 *Superfícies*

Emprovador 1	3.90 m ²
Emprovador 2	3.90 m ²
Emprovador 3	3.90 m ²
Emprovador 4	3.90 m ²
Emprovador 5	3.90 m ²
Emprovador 6	3.90 m ²
Emprovador 7	3.90 m ²
Emprovador 8	3.90 m ²
Emprovador 9	3.90 m ²
Emprovador 10	3.90 m ²
Emprovador 11	3.90 m ²
Emprovador 12	3.90 m ²
Accés emprovador dones	18.61 m ²
Accés emprovador homes	31.07 m ²

ZONA 2 *Superfícies*

Secció nens	54.00 m ²
-------------	----------------------

ZONA 3 *Superfícies*

Secció dones	213.25 m ²
--------------	-----------------------

ZONA 4 *Superfícies*

Lavabo planta baixa	5.49 m ²
Lavabo planta primera	4.32 m ²

ZONA 5 *Superfícies*

Aparador	14.50 m ²
----------	----------------------

ZONA 6 *Superfícies*

Secció homes	190.85 m ²
--------------	-----------------------

ZONA 7 *Superfícies*

Escales	16.43 m ²
---------	----------------------

ZONA 8 *Superfícies*




Àrea privada	67.82 m ²
--------------	----------------------

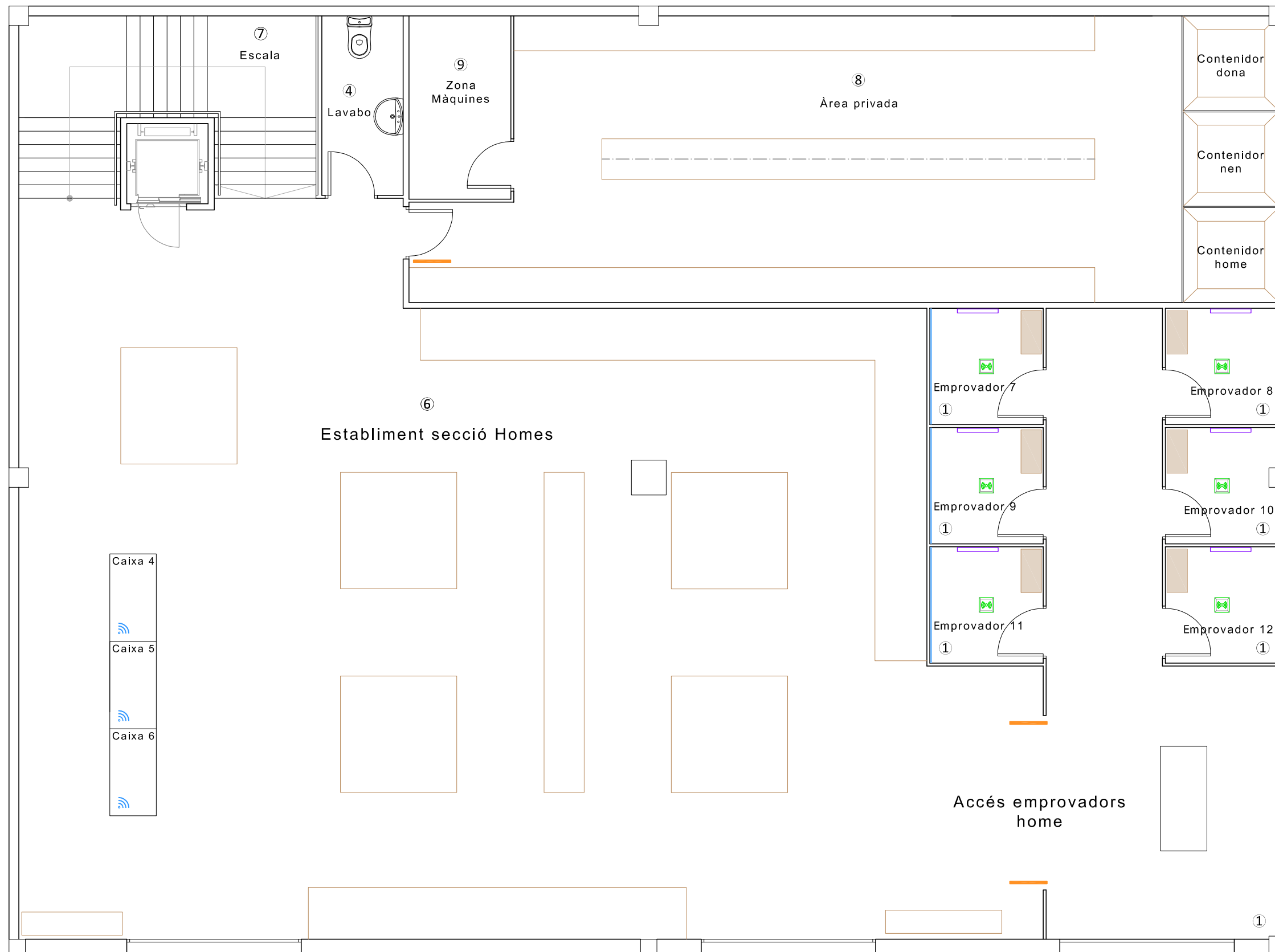
ZONA 9 *Superfícies*

Zona màquines	5.51 m ²
---------------	---------------------

SUP. ÚTIL TOTAL	668.65 m ²
SUP. CONSTRUÏDA TOTAL	718.00 m ²

PLANTA BAIXA

 Lector RFID amb antena integrada
  Lector RFID encastat
  Portal antirobatori



ZONA 1	Superfícies
Emprovador 1	3.90 m ²
Emprovador 2	3.90 m ²
Emprovador 3	3.90 m ²
Emprovador 4	3.90 m ²
Emprovador 5	3.90 m ²
Emprovador 6	3.90 m ²
Emprovador 7	3.90 m ²
Emprovador 8	3.90 m ²
Emprovador 9	3.90 m ²
Emprovador 10	3.90 m ²
Emprovador 11	3.90 m ²
Emprovador 12	3.90 m ²
Accés emprovador dones	18.61 m ²
Accés emprovador homes	31.07 m ²

ZONA 2	Superfícies
Secció nens	54.00 m ²

ZONA 3	Superfícies
Secció dones	213.25 m ²

ZONA 4	Superfícies
Lavabo planta baixa	5.49 m ²
Lavabo planta primera	4.32 m ²

ZONA 5	Superfícies
Aparador	14.50 m ²

ZONA 6	Superfícies
Secció homes	190.85 m ²

ZONA 7	Superfícies
Escales	16.43 m ²

ZONA 8	Superfícies
Àrea privada	67.82 m ²

ZONA 9	Superfícies
Zona màquines	5.51 m ²

SUP. ÚTIL TOTAL	668.65 m ²
SUP. CONSTRUÏDA TOTAL	718.00 m ²

PLANTA PRIMERA