

**Gestión de visitantes en instalaciones museísticas con implantación de aplicaciones móviles. Aplicación de la Inteligencia de Negocio en el estudio del registro de visitas**

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**Autor:**

D. Francisco Félix Atoche Bethencourt

**Tutores:**

Dr. Javier Lorenzo Navarro

Profesor Titular de Universidad (Departamento de Informática y Sistemas. ULPGC)

Dr. Pablo Atoche Peña

Catedrático de Universidad (Departamento de Ciencias Históricas. ULPGC)

10 de julio de 2017



Trabajo de Fin de Máster correspondiente a la titulación de Máster en Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería presentado por el alumno:

*D. Francisco Félix Atoche Bethencourt*

**Título del Trabajo:**

*Gestión de visitantes en instalaciones museísticas con implantación de aplicaciones móviles.  
Aplicación de la Inteligencia de Negocio en el estudio del registro de visitas*

**Tutores:**

Dr. D. Javier Lorenzo Navarro

Dr. D. Pablo Atoche Peña

**Centro:**

Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería de la  
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria



A mi familia y amigos



# Agradecimientos

Una vez culminado un trabajo tan extenso y lleno de dificultades, llega el momento de los agradecimientos y de reconocer la ayuda y la colaboración prestada por una serie de personas que de una u otra manera han estado presentes a lo largo de su desarrollo. Quiero comenzar destacando gran ayuda que me han brindado mis tíos Pablo y Ángeles, sin la cual hubiese perdido la motivación y habría sido imposible llegar a buen puerto. En estos años que he pasado en Gran Canaria he podido llegar a conocerlos mejor y han resultado ser para mí un gran apoyo en lo personal y académico.

También quisiera agradecer a mis padres el hecho de que hayan apostado siempre por mi formación y también por brindarme el apoyo moral y material todo el tiempo que ha sido necesario.

Tampoco debo olvidarme de una persona fundamental en mi vida, mi abuela Pastora, recientemente fallecida, con la que siempre he podido contar y ha estado presente en los momentos más importantes de mi vida.

Para terminar quisiera mostrar mi agradecimiento a los tutores del proyecto, el Dr. José Javier Lorenzo Navarro y el Dr. Pablo Atoche Peña, por su apoyo durante el desarrollo del mismo.

*Gracias a todos*



# Índice general

Agradecimientos.....	7
Índice general.....	9
Índice de ilustraciones .....	11
Índice de tablas.....	13
1. Introducción.....	15
1.1 El Museo de Historia de Arrecife (MHA) .....	15
1.2 La exposición permanente.....	17
1.3 Proyecto de informatización.....	19
1.4 Códigos QR.....	20
2. Objetivos.....	23
3. Estado del arte.....	25
3.1 Minería de datos (Data Mining) .....	25
3.2 Inteligencia de negocio (Business Intelligence).....	25
3.3 Estudios recientes .....	26
3.4 Discusión.....	28
4. Planificación.....	29
4.1 Desarrollo del sistema de información .....	29
4.2 Recursos hardware.....	30
4.2.1 Servidor de desarrollo .....	30
4.2.2 Servidores de implantación .....	31
4.2.3 Dispositivos móviles.....	33
4.2.4 Dispositivos inalámbricos.....	33
4.3 Recursos software .....	35
4.3.1 Xampp .....	35
4.3.2 Bind .....	37
4.3.3 Pentaho.....	37
4.4 Interfaz de usuario.....	45
4.4.1 Sistema de Gestión de Visitantes .....	45
4.4.2 Sistema de Gestión de Códigos QR .....	46
4.5 Arquitectura Cliente-Servidor .....	46
5. Metodología.....	51

5.1 Sistema de Gestión de Visitantes .....	51
5.1.1 Pentaho Data Integration .....	56
5.1.2 Pentaho Business Intelligence .....	60
5.1.3 Pentaho Dashboard Editor .....	62
5.2 Sistema de Gestión de Códigos QR .....	63
5.2.1 Diseño gráfico .....	63
5.2.2 Generación de códigos QR .....	66
5.2.3 Implementación .....	67
5.2.4 Montaje de la red local inalámbrica .....	70
6. Resultados.....	75
6.1 Estudio de visitantes .....	76
6.2 Estudio de nacionalidades.....	79
7. Conclusiones.....	83
8. Perspectivas de futuro .....	89
9. Referencias .....	91

# Índice de ilustraciones

Ilustración 1.1.1: Exterior del Castillo de San Gabriel.....	16
Ilustración 1.2.1: Interior del Museo de Historia de Arrecife.....	18
Ilustración 1.2.2: Planta-cubierta del Castillo de San Gabriel.....	18
Ilustración 1.3.1: Visitantes del Museo de Historia de Arrecife .....	20
Ilustración 1.4.1: Código QR en el Museo del Louvre (Francia).....	21
Ilustración 4.2.1.1: Servidor de desarrollo. Toshiba Satellite P50B10Z.....	31
Ilustración 4.2.1.2: Servidor de implantación. Medion Akoya s1501d .....	32
Ilustración 4.2.3.1: Dispositivos móviles .....	33
Ilustración 4.2.4.1.1: Router Archer D9 TP-Links AC 1900 Modem .....	34
Ilustración 4.2.4.2.1: TP-Links Wireless Range Extender .....	34
Ilustración 4.3.3.1.1: Pentaho Report Designer.....	38
Ilustración 4.3.3.2.1: Pentaho Report Designer.....	39
Ilustración 4.3.3.3.1: Web Ad Hoc Query and Reporting Client .....	39
Ilustración 4.3.3.4.1: Servidor OLAP Mondrian.....	40
Ilustración 4.3.3.5.1: Pentaho Data Integration.....	41
Ilustración 4.3.3.6.1: Metadata Reporting y OLAP .....	42
Ilustración 4.3.3.7.1: Pentaho Data Mining .....	43
Ilustración 4.3.3.8.1: Community Dashboard Framework .....	44
Ilustración 4.3.3.9.1: Pentaho User Console.....	44
Ilustración 4.5.1: Arquitectura Cliente-Servidor .....	47
Ilustración 5.1.1: Diagrama de clases UML .....	52
Ilustración 5.1.2: Diagrama Entidad-Relación .....	53
Ilustración 5.1.3: Pantalla principal del Sistema de Información.....	53
Ilustración 5.1.4: Selección del país de origen .....	54
Ilustración 5.1.5: Selección de la tarifa a aplicar por visitante .....	54
Ilustración 5.1.6: Informe de visitas e ingresos del MHA .....	55
Ilustración 5.1.7: Informe de ingresos totales por día del MHA.....	55
Ilustración 5.1.8: Tuplas de la tabla cliente (registro de visitas) .....	56
Ilustración 5.1.1.1: Vista previa de los datos de la tabla cliente.....	57
Ilustración 5.1.1.2: Creación de CSV a partir de las tablas “Cliente” y “País” .....	58
Ilustración 5.1.1.3: Conexión con la BD MySQL .....	59
Ilustración 5.1.1.4: Vista previa de la consulta SQL .....	59
Ilustración 5.1.1.5: Informe de nacionalidades de visitantes .....	60
Ilustración 5.1.2.1: Cubo OLAP desde Pentaho BI.....	61

Ilustración 5.1.2.2: Visualizaciones desde Pentaho BI.....	61
Ilustración 5.1.3.1: Visualizaciones desde Pentaho Dashboard .....	62
Ilustración 5.2.1.1: Ejemplo de panel informativo en castellano .....	64
Ilustración 5.2.1.2: Ejemplo de panel en diferentes idiomas .....	65
Ilustración 5.2.2.1: Modelo de códigos QR de diferentes dimensiones.....	66
Ilustración 5.2.2.1.1: Paneles, vitrina y cartela .....	67
Ilustración 5.2.3.1: Configuración de registro de zona DNS .....	69
Ilustración 5.2.3.2: Pruebas en el servidor de desarrollo.....	69
Ilustración 5.2.3.3: Colocación de los paneles del MHA .....	70
Ilustración 5.2.4.1: Plano de las diferentes estancias del MHA.....	71
Ilustración 5.2.4.1.1: Montaje de la red local inalámbrica .....	72
Ilustración 5.2.4.2.1: Configuración del servidor de gestión de códigos QR.....	73
Ilustración 6.1.1: Visitas agrupadas por meses .....	77
Ilustración 6.1.2: Visitas agrupadas por día.....	79
Ilustración 6.2.1: Visitantes agrupados por meses y nacionalidades .....	80
Ilustración 6.2.2: Visitantes agrupados por nacionalidades en diciembre de 2014 .....	81
Ilustración 6.2.3: Visitantes agrupados por nacionalidades en febrero de 2015.....	82
Ilustración 6.2.4: Representación de países por colores (leyenda).....	82
Ilustración 7.1: Porcentajes totales de visitas agrupadas por diferentes nacionalidades .....	85
Ilustración 7.2: Relación entre cruceristas y visitantes del MHA por meses .....	87

# Índice de tablas

Tabla 4.2.2.1: Servidor de implantación. Portátil HP G62-140ES.....	32
Tabla 4.2.2.2: Servidor de implantación. Medion Akoya s1501d .....	32
Tabla 5.1.1.1: Fichero de salida de datos “Cliente.csv” .....	57
Tabla 5.1.1.2: Fichero de salida de datos cliente.csv.....	58
Tabla 5.2.3.1: Código fuente para la detección del idioma.....	68
Tabla 5.2.4.1: Salas del Museo de Historia de Arrecife .....	71
Tabla 6.1.1: Visitas agrupadas por meses.....	76
Tabla 6.1.2: Total de visitantes por año.....	76
Tabla 6.1.3: Número de visitas agrupadas por mes y día.....	78
Tabla 6.2.1: Visitas agrupadas por meses y nacionalidades.....	80
Tabla 7.1: Entrada de turistas a Lanzarote en el año 2015 según país de residencia. ....	83
Tabla 7.2: Visitas al MHA agrupadas por nacionalidades.....	84
Tabla 7.3: Posición del MHA en relación con los Museos Estatales en el año 2015 .....	86
Tabla 7.4: Visitas agrupadas por meses .....	87
Tabla 7.5: Relación entre cruceristas y visitantes en el año 2015.....	87



# 1. Introducción

El alumno Francisco Félix Atoche Bethencourt ha sido el responsable del presente Trabajo de Fin de Máster con la tutorización de los profesores D. Javier Lorenzo Navarro y D. Pablo Atoche Peña [1]. Para llevar a cabo el desarrollo del sistema de información, se ha contado además con la colaboración permanente de un grupo interdisciplinar de investigadores asociados a la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y a la Universidad de La Laguna.

Con la finalidad de facilitar la lectura y comprensión del presente documento, procedemos a continuación, a relacionar los diversos apartados en los que hemos estructurado este Trabajo de Fin de Máster.

La primera parte corresponde a una introducción sobre la temática del TFM y las aplicaciones que explícitamente hemos desarrollado para el Museo de Historia de Arrecife (MHA). A continuación, se explican los objetivos que se pretenden alcanzar con el software y la planificación previa, que incluye los recursos software y hardware empleados. El siguiente apartado recoge un estado del arte indicando en qué punto se encuentra la temática sobre la que estamos trabajando, así como las tendencias que se están siguiendo en nuevos desarrollos. Seguidamente, incluimos la metodología de trabajo utilizada, la cual incorpora las fases de análisis, diseño, implementación, validación y pruebas por las que ha pasado el proyecto de sistema de información. Por último, se incorporan los resultados obtenidos, las conclusiones y las posibilidades futuras de esta línea de investigación. Hemos incluido la bibliografía utilizada y los recursos web consultados.

## 1.1 El Museo de Historia de Arrecife (MHA)

La necesidad de musealizar el Castillo de San Gabriel condujo al Ayuntamiento de Arrecife (Lanzarote) a establecer un convenio de colaboración con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y la Fundación Canaria Universitaria de Las Palmas, mediante el cual el equipo de investigación dirigido por el catedrático D. Pablo Atoche Peña, e integrado por distintos profesionales e investigadores de la Historia de Lanzarote, se ha encargado de recopilar la información histórica y perfilar los detalles del proyecto de musealización, cuya dirección técnica ha estado bajo la responsabilidad de M<sup>a</sup> de los Ángeles Ramírez Rodríguez.

El Museo de Historia de Arrecife (MHA) tiene su sede en el Castillo de San Gabriel, uno de los ejemplos de arquitectura militar más relevantes del archipiélago

canario e icono histórico de Lanzarote (véase ilustración 1.1.1). Se trata de una fortificación militar de dilatada historia que se inicia tras el asalto del corsario berberisco Morato Arráez (1586) a la isla de Lanzarote, cuyas desastrosas consecuencias motivan que el rey Felipe II encargara al ingeniero cremonés Leonardo Torriani informar del estado de las defensas de las islas. En su Plan de Fortificación para Lanzarote, el ingeniero recomendó la construcción de una muralla almenada con baluartes artillados en La Puntilla y un fuerte en el islote de San Gabriel, de planta cuadrada con baluartes en los ángulos, cuya construcción se ha fijado entre los años 1593 y 1598. Cuando se produjo la invasión de Tabac Arráez y Solimán (1618) la fortaleza se encontraba en situación de abandono, siendo objeto de reformas entre los años 1666 y 1667, levantándose las cortinas, escalera, cuerpo de guardia, alojamiento para el castellano, aposentos de municiones, aljibe, mazmorra y garitas para los soldados. En la explanada de acceso disponía de un amplio alojamiento para la guarnición, almacenes y depósitos. Las obras finalizaron hacia 1688. Probablemente a partir de esos momentos recibió su actual denominación.



*Ilustración 1.1.1: Exterior del Castillo de San Gabriel.*

En 1762 los ataques de corsarios ingleses a Puerto Naos evidenciaron la escasa capacidad de la fortaleza para defender la entrada al puerto. Las carencias defensivas de

la isla unidas a la crisis económica que la afecta por entonces hacen que, entre 1771 y 1779, Carlos III ordene llevar a cabo una serie de obras, acometiéndose la construcción de la Batería de San José, del Puente de las Bolas y de la actual calzada y puente que une el castillo con la isla.

En el siglo XIX se vuelven a producir obras de acondicionamiento y artillado en la fortificación, si bien a finales de esa centuria fue declarada inútil por Real Orden de 27 de febrero de 1895. Las gestiones de la Asociación de Amigos de los Castillos permitieron que la fortaleza se traspasara al Ayuntamiento de Arrecife en 1959, quien lo adquiere por compra en 1967, acogiendo a partir de 1972 el Museo Arqueológico Insular. En junio de 1979 el Castillo de San Gabriel y su entorno fue declarado Conjunto Histórico-Artístico.

El Museo de Historia de Arrecife (MHA) se ubica por tanto en uno de los ejemplos de arquitectura militar más relevantes del Archipiélago Canario, en una edificación que constituye uno de los iconos históricos de la isla de Lanzarote la cual, con este nuevo uso, se convierte en un centro de interpretación de la Historia de Arrecife en el marco de la Historia de Lanzarote.

## 1.2 La exposición permanente

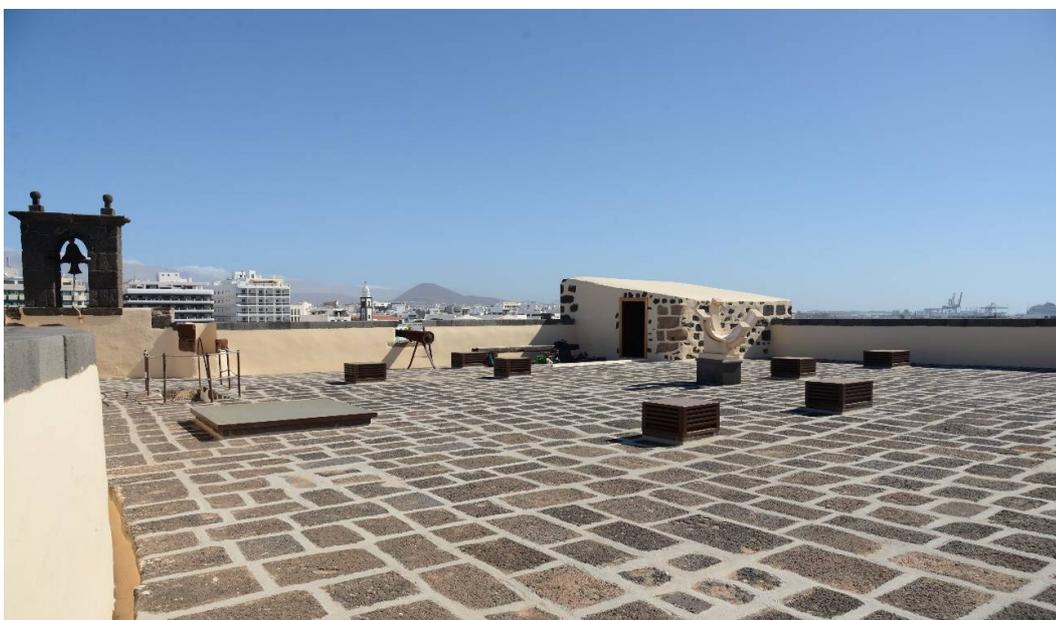
Además del propio edificio militar y el notable patrimonio natural y arquitectónico que lo rodea, las distintas dependencias de la fortaleza acogen una exposición permanente con contenidos que siguen un discurso narrativo a través de diferentes periodos históricos, recogiendo los principales acontecimientos que han determinado la vida de los lanzaroteños en general y de los arrecifeños en particular.



*Ilustración 1.2.1: Interior del Museo de Historia de Arrecife*

El carácter BIC de la fortaleza ha marcado límites a su musealización, debiéndose diferenciar el circuito expositivo del espacio que lo alberga. A través de la gruesa puerta de entrada se accede a las dos primeras dependencias, que acogen aspectos relacionados con el medio natural (geología, paisajes naturales, flora y fauna,...). A continuación siguen otras dos dependencias en las que se explican la etapa protohistórica, el patrimonio arqueológico de Arrecife y diferentes singularidades relacionadas con la bioantropología de los primeros pobladores de la isla. Tras ellas se llega a la amplia sala central (véase ilustración 1.2.1) que da cabida a la Baja Edad Media y a las edades Moderna y Contemporánea, con hechos tan significativos para la historia de Arrecife como el desarrollo portuario y la pesca, la denominada “Guerra Chica” o la adquisición de la capitalidad insular.

La sala central da acceso a uno de los tres pasillos laterales, resultado de añadir a la construcción antigua las cortinas exteriores; el localizado en el extremo Este acoge elementos vinculados al pasado mariner de Arrecife, el situado en el extremo Norte está dedicado a las milicias insulares, los moriscos y la defensa de Lanzarote ante los ataques piráticos y, por último, el ubicado en el extremo Sur contiene diferentes hechos relacionados con la historia y el patrimonio histórico-artístico más reciente de Arrecife.



*Ilustración 1.2.2: Planta-cubierta del Castillo de San Gabriel*

Una estrecha escalera de piedra junto a la puerta de entrada permite ascender a la planta-cubierta (véase ilustración 1.2.2) desde la cual es posible obtener una amplia visión de la Marina y de la ciudad de Arrecife. En ella se encuentran varios elementos estructurales de interés, como el Cuarto de Guardia, donde se exponen varias piezas de artillería, y la Espadaña de la que cuelga la campana donada por Fray Juan de San Francisco, Prior del Convento de Miraflores de Teguiise, que servía para avisar a los habitantes de la ciudad de la llegada de algún peligro por mar con el toque de a rebato. En una cañonera abierta hacia el Puente de las Bolas, se halla apostada una antigua pieza de artillería que nos evoca la revuelta popular producida en junio de 1810 conocida popularmente como “La Guerra Chica”.

### 1.3 Proyecto de informatización

Debido a la ingente cantidad de visitantes procedentes de diversos países que se acercan diariamente a los museos y más concretamente al Museo de Historia de Arrecife (véase Ilustración 1.3.1), proponemos en este documento el desarrollo de un trabajo destinado a recabar información básica sobre el número y otras características de los visitantes, basado en herramientas de software libre, así como un estudio de los datos obtenidos mediante la aplicación de técnicas de Inteligencia de Negocio. Esa información resultará de gran ayuda de cara a la mejora de los servicios y del diseño de la instalación museística.



*Ilustración 1.3.1: Visitantes del Museo de Historia de Arrecife*

Además, la falta de espacio en el interior del recinto museístico hace extremadamente complejo incluir información adicional en diversos idiomas a la exposición permanente. Para solventar esta carencia, proponemos como solución la utilización de códigos QR, que permitan acceder a la información histórica del MHA en cinco idiomas. En consecuencia, se pretende implantar una aplicación para dispositivos móviles multilingüe basada en Android e iOS, que permita el acceso a la información expuesta en los paneles de la instalación museística, mediante el uso de códigos QR asociados a cada uno de ellos. En un estudio posterior, esta información podrá ser analizada para estudiar el grado de interés de los visitantes por los diferentes elementos que componen la exposición permanente e introducir las mejoras que se consideren necesarias.

## 1.4 Códigos QR

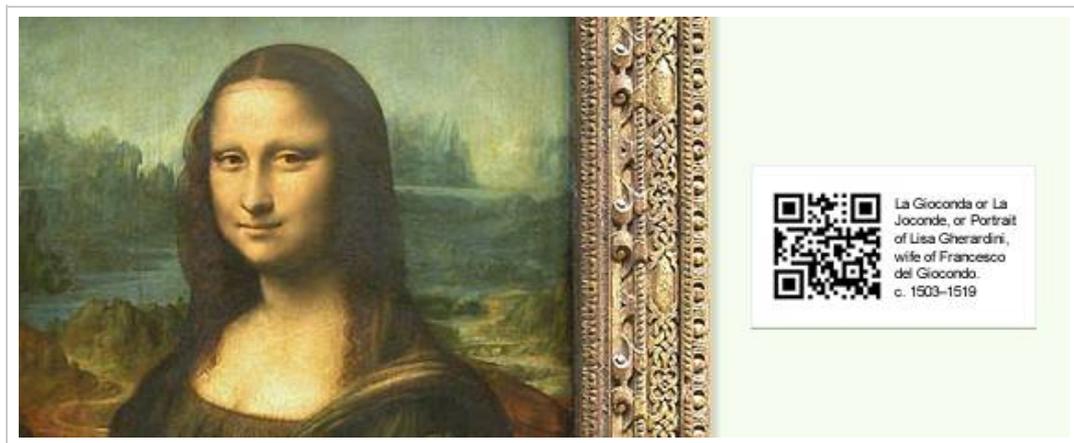
El Código QR (Quick Response) [3], o código de respuesta rápida, es un sistema de información que supone una evolución del código de barras. Se trata de una imagen bidimensional que almacena la información en una matriz de puntos que, a diferencia de los códigos de barras que se leen en una única dirección, contienen información en dos direcciones, vertical y horizontal. Este sistema permite almacenar mayor cantidad de información, ya que si un código de barras puede contener unos 20 dígitos, el QR Code almacena hasta 7089 caracteres numéricos, 4296 caracteres alfanuméricos y 2953 bytes de 8 bits. Reduce además los márgenes de error y de pérdida de datos, convirtiéndolo en un sistema de trabajo más seguro. Los códigos QR fueron creados en 1994 por Denso Wave, empresa japonesa que aunque tiene los derechos de patente no los ejerce, facilitando que puedan usarse libremente.

Al ser un estándar abierto hay muchos generadores de códigos QR gratuitos y de software libre. Aunque la creación de estos códigos es sencilla y sin costes, siendo en el sistema de lectura donde se encuentra una de las principales ventajas. Los terminales específicos no son necesarios para poder descifrar un código QR, pues basta con un móvil con cámara de fotos para decodificarlos. Ni siquiera es preciso que el terminal sea de última generación para que funcione y la mayor parte de los dispositivos móviles actuales de los principales fabricantes permiten ya esta opción. En nuestro país los teléfonos móviles aún no suelen llevar integrado de serie los lectores de QR, como ya ocurre en

otros países, sin embargo basta con añadir un software gratuito para leer los códigos, el cual se puede descargar directamente de Internet.

Se trata pues de una herramienta que a día de hoy se encuentra implantada en algunos museos y que, al ser estos códigos escaneados con un dispositivo móvil, nos redirigen a alguno de los siguientes recursos web:

- Una página específica de Internet
- Una imagen
- Un fichero de audio
- Un archivo de vídeo
- Una descarga
- Otros



*Ilustración 1.4.1: Código QR en el Museo del Louvre (Francia)*

El uso de estos códigos aporta a los museos toda una serie de beneficios, entre los cuales se pueden señalar los siguientes:

- Permiten involucrar y despertar la curiosidad de los visitantes del museo.
- Ayudan en la educación de los visitantes al aportar información adicional sobre una obra que está siendo objeto de consulta.
- Poseen un bajo costo de implementación.
- Facilitan una mayor interacción entre el museo y sus visitantes.
- Son fuente de información para los centros museísticos que los utilizan, acerca del interés que despiertan los elementos que componen la exposición en los visitantes.

- Pueden ser utilizados para localizar a los visitantes, ya que para leer el código QR se debe estar próximo al mismo.

En relación a los museos españoles, sólo un 1,3% hace o ha hecho uso de códigos bidimensionales, y es habitual que los códigos QR usados en el ámbito patrimonial redirijan a páginas webs no optimizadas para móviles. Si se tiene en cuenta que el 75% de los usuarios prefieren webs adaptadas cuando navegan con terminales móviles y el 45% se sienten frustrados ante páginas no amigables para estos dispositivos; en este sentido, los centros culturales deberían tenerlo en cuenta antes de redirigir con códigos a sitios no adecuados para ser vistos por teléfonos o tabletas.

En general, se observa que en el ámbito cultural las posibilidades de uso de estos códigos están infrutilizadas. No obstante, en la actualidad existe un mayor conocimiento por parte del usuario acerca de los códigos QR, de sus posibilidades, y de la existencia de aplicaciones móviles para poder decodificarlos. Por ello, nos encontramos en el momento apropiado para sacarle todo el partido a esa herramienta. Para que el usuario de un museo se interese por la información que puede obtener de los códigos QR, éstos han de aportar un elemento de valor que compense el esfuerzo de leerlos o incluso de utilizar su propia conexión a internet, y ello implica desarrollar convenientemente esa herramienta y hacerla atractiva al usuario.

Con la expansión de la telefonía móvil y la creciente popularidad de los teléfonos inteligentes (smartphones) y otros dispositivos móviles como las tablets, el acceso a datos informáticos no queda sujeto a un punto fijo de conexión, haciendo mucho más dinámica la interacción entre el museo y sus visitantes.

## 2. Objetivos

Los objetivos que se pretenden alcanzar con la puesta en marcha de este trabajo son los que se detallan a continuación:

- Implementar e implantar un nuevo sistema de información basado en software libre para la gestión de los visitantes en instalaciones museísticas. La finalidad principal de la aplicación es cruzar información de diferente entidad y origen que permita elaborar informes de diversa índole, que puedan facilitar así la obtención de conocimiento para la toma de decisiones.
- Explotar los datos derivados de los visitantes mediante el uso de técnicas de Inteligencia de Negocio basadas en análisis OLAP. Mostrar los resultados como un estudio estadístico que aporte la siguiente información:
  - Total de visitas por día, mes, año, etc...
  - País de origen de los visitantes.
  - Meses con una mayor afluencia de visitas.
  - Relación entre los meses con mayor afluencia de visitas al MHA y totales de visitas turísticas a la isla de Lanzarote.
  - Horas de mayor afluencia en el MHA.
  - Días de la semana con mayor número de visitas por país en el MHA.
- Implementar e implantar una aplicación web adaptada a dispositivos móviles para facilitar el acceso en diferentes idiomas a la información de la exposición permanente, empleando para ello códigos QR.



## **3. Estado del arte**

En este apartado se pretende conocer en qué punto se encuentra la temática sobre la que estamos trabajando, así como las tendencias que se están siguiendo en nuevos desarrollos. Revisar lo conocido en torno al problema que se está abordando, al igual que las herramientas metodológicas utilizadas, las conclusiones alcanzadas y las sugerencias propuestas, permite dar un paso adelante en la acumulación de conocimientos, para poder de esta forma avanzar a partir de los resultados que pueda proporcionar este trabajo.

El término “big data” hace referencia a grandes y complejos conjuntos de datos que pueden ser aprovechados haciendo uso de las técnicas adecuadas para revelar y comprender ciertos patrones y tendencias. Estos conjuntos de datos pueden utilizarse de manera predictiva. En el contexto de las instalaciones museísticas, el análisis de los datos puede permitir a los gestores del museo comprender los patrones más comunes de comportamiento de los visitantes y adaptar el diseño de las exposiciones, elaborar las guías didácticas y programar las diversas actividades museísticas que comprenden la gestión de un museo.

### **3.1 Minería de datos (Data Mining)**

La minería de datos se utiliza cada vez más en los museos, con el fin de recopilar información sobre los visitantes y descubrir detalles tales como qué elementos de la colección permanente atraen más la atención, qué diseños de la muestra expositiva son los preferidos por los visitantes y qué estrategias de marketing funcionan mejor para las tiendas de merchandising de los museos.

### **3.2 Inteligencia de negocio (Business Intelligence)**

Desde un punto de vista más pragmático, y asociándolo directamente con las tecnologías de la información, podemos definir Business Intelligence como el conjunto de metodologías, aplicaciones y tecnologías que permiten reunir, depurar y transformar datos de los sistemas transaccionales e información desestructurada en información estructurada, para su explotación directa o para su análisis y conversión en conocimiento, dando así soporte a la toma de decisiones sobre el negocio.

### 3.3 Estudios recientes

Para valorar de forma realista las necesidades que se pueden cubrir en los museos, así como aquellos aspectos en los que se pueda innovar, hemos llevado a cabo un estudio exhaustivo de artículos de investigación basados en proyectos en instalaciones museísticas, que circulan actualmente por la red y que hemos considerado de gran interés.

Un artículo [8] presentado por Y. Huang y W. Chuang propone un sistema de guía que combina la técnica de posicionamiento y funciones de localización, para proporcionar la información que rodea a los usuarios. El sistema de guía no sólo acepta las consultas del usuario para encontrar el destino, sino que también recibe la información de otros usuarios que tomaron notas durante la guía turística. Es decir, los usuarios pueden descargar las notas relacionadas como referencias que fueron previamente grabadas por otros usuarios. Bajo tal concepto de diseño, el contenido del sistema de guía continuaría mejorando de tal manera que estaríamos implantando gradualmente un ambiente de aprendizaje interactivo. El propósito del proyecto es desarrollar un sistema de guía de servicio del museo y probar su efectividad en un escenario real, a un costo razonable, utilizando la tecnología disponible. Los resultados experimentales muestran que este modelo propuesto no sólo es particularmente adecuado para los museos, sino que también se puede ampliar fácilmente a la enseñanza.

El Dr. Discovery [6] es un proyecto que está haciendo un uso novedoso de los smartphones y tablets para abordar el desafío inmediato y apremiante de una evaluación de museos a gran escala, asequible y en curso, al mismo tiempo que anima a los visitantes del museo a involucrarse profundamente con el contenido del mismo. Usando una aplicación de smartphone, los visitantes del museo plantean preguntas a un “científico virtual” llamado Dr. Discovery (Dr. D). El Dr. D ofrece respuestas y la oportunidad de completar divertidos mini desafíos. Las preguntas que los visitantes hacen se recogen en una gran base de datos. Un sistema analítico analiza estos datos y un sitio web protegido por contraseña proporciona datos de evaluación continuos y accesibles al personal del museo, ayudándolos a realizar retoques o cambios a largo plazo de los contenidos relacionados con las exposiciones, a medida que cambian los acontecimientos actuales y las necesidades e intereses de los visitantes. El mérito intelectual de este proyecto es que está creando capacidad de evaluación entre educadores informales, promoviendo los campos de estudio de visitantes, evaluación de museos, aprendizaje de ciencias informales y compromiso con lugares, y contribuyendo al desarrollo de nuevas técnicas de evaluación en museos. Este proyecto tiene muchos impactos más amplios: El sistema “Ask Dr

Discovery” está disponible para cualquier lugar que desee usarlo o adaptarlo a su contexto. Al mejorar la experiencia del visitante y mejorar el acceso a los datos de los museos para la evaluación y toma de decisiones, “Ask Dr. Discovery” tiene un impacto directo e indirecto en los museos y visitantes de todo tipo.

Por otra parte, la propuesta de T. Hall y L. Bannon [7] muestra los resultados de un proceso de diseño que se propuso explorar técnicas interactivas que utilizaban computación ubicua para estimular la participación activa, e impulsar el aprendizaje de los niños que visitan un museo. Los principales interesados, los docentes y los conservadores de los museos, participaron en todo el proceso de creación de la exposición “Re-tracing the Past”, en el Museo Hunt (Limerick, Irlanda). El trabajo describe aspectos de la evaluación de la exposición, en la que participaron 326 escolares (con edades comprendidas entre 9 y 12 años), y que ejemplifica características importantes del diseño y uso de la nueva tecnología en el museo. El documento concluye articulando una serie de directrices de diseño para el desarrollo de la computación ubicua para mejorar el aprendizaje de los niños en los museos. Las directrices abarcan dimensiones importantes de la experiencia educativa de los niños en los museos, incluida la colaboración, el compromiso, la interpretación activa y la forma. Aunque se desarrollaron en un contexto de museo, estas directrices podrían aplicarse al desarrollo de la informática para mejorar el aprendizaje de los niños en otros entornos educativos, tanto formales como informales.

Finalmente, M. Versichele *et alii* [17], presentan un estudio empírico sobre la minería de reglas de asociación en visitantes de atracciones turísticas, registradas durante 15 días por la metodología de seguimiento Bluetooth. Ese trabajo pretende ser una contribución metodológica al campo de la investigación espacio-temporal del comportamiento del turismo, mediante la demostración del potencial de las redes sensoriales *ad hoc* en la medición no participativa de los movimientos a pequeña escala. Un extenso procedimiento de filtrado es seguido por un análisis exploratorio, analizando las asociaciones descubiertas para diferentes segmentos de visitantes y adicionalmente visualizándolos en "mapas de patrones de visitas". A pesar de la duración limitada del período de seguimiento, han podido descubrir asociaciones interesantes e identificar una rara tendencia de los visitantes, consistente en combinar visitas en el centro con otras fuera de la ciudad.

### 3.4 Discusión

Nuestro trabajo se enmarca dentro del campo de la Ciencia de Datos<sup>1</sup>, creando una nueva línea de investigación con aplicaciones en el ámbito del turismo cultural, un tipo de turismo que se pretende desarrollar en Canarias frente al tradicional turismo de masas, más interesado en el sol y las playas que en aspectos relacionados con la cultura local. A continuación, emplearemos técnicas de Minería de Datos e Inteligencia de Negocio para el análisis de los turistas que visitan diariamente el Museo de Historia de Arrecife.

Investigando en la red en busca de estudios previos en dicho campo, hemos podido dilucidar que se trata de un área de conocimiento inexplorada; por lo tanto, se presenta ante nosotros un amplio abanico de posibilidades para su explotación futura.

---

<sup>1</sup>La ciencia de datos [18] es un campo interdisciplinario que involucra métodos científicos, procesos y sistemas para extraer conocimiento o un mejor entendimiento de datos en sus diferentes formas, ya sea estructurados o no estructurados, lo cual es una continuación de algunos campos de análisis de datos como la estadística, la minería de datos, el aprendizaje automático y la analítica predictiva.

## 4. Planificación

Este Trabajo de Fin de Máster ha sido desarrollado en dos fases, que se detallan a continuación:

- En una primera fase se procedió al diseño de una aplicación para la gestión de los visitantes del MHA; con la finalidad de extraer conocimiento que nos pudiera ayudar en la toma de decisiones, se llevó a cabo un estudio exhaustivo del registro de visitas del Museo mediante técnicas de Inteligencia de Negocio basadas en análisis OLAP y empleando para ello la herramienta Pentaho BI.
- La segunda fase surge motivada por la falta de espacio en el interior del recinto para incluir información adicional y por la cantidad de visitantes y diversidad de nacionalidades de éstos. Partiendo de los resultados obtenidos en el estudio llevado a cabo durante la primera fase, se procedió a diseñar una aplicación web multilingüe para dispositivos móviles basada en códigos QR.

### 4.1 Desarrollo del sistema de información

El software que hemos diseñado se ha llevado a cabo siguiendo un modelo de desarrollo evolutivo [13] basado en construcción de prototipos. El desarrollador y el cliente se reúnen para definir los objetivos globales del software, identificando los requisitos y las áreas del modelo en donde resulta necesaria una mayor definición. A continuación, surge lo que se conoce como un diseño rápido, centrado en una representación de los aspectos del software que serán visibles para el usuario o cliente (por ejemplo: enfoques de entrada y formatos de salida,...). El diseño rápido conduce a la construcción de un prototipo que es evaluado por el usuario o cliente y se utiliza para refinar los requisitos del software a desarrollar. La iteración ocurre cuando el prototipo se pone a punto para satisfacer las necesidades del cliente, permitiendo al mismo tiempo que el desarrollador comprenda mejor lo que precisa diseñar.

Aunque pueden surgir problemas, la construcción de prototipos ha demostrado ser un paradigma efectivo para la Ingeniería del Software. La clave es definir las reglas al comienzo; es decir, cliente y desarrollador se deben poner de acuerdo en las fases a seguir, incluyendo en cada una de ellas los aspectos que se detallan a continuación:

1. Recolección y refinamiento de requisitos: requerimientos del usuario y del software.

2. Diseño rápido: se usa un modelo de desarrollo lineal y secuencial para llevar a cabo el diseño.
3. Construcción de prototipos: se implementa un prototipo y se hacen baterías de pruebas para comprobar su funcionamiento.
4. Evaluación del prototipo por el cliente: el cliente debe comprobar la evolución del proyecto para asegurarse que se está tomando el camino adecuado.
5. Refinamiento del prototipo: con la información obtenida de las sucesivas reuniones con el cliente, procedemos a realizar los cambios oportunos.
6. Producto de ingeniería: se trata del producto final que ha sido resultado del primer prototipo, el segundo y así sucesivamente.

Para dar soporte a la metodología de desarrollo software hemos empleado UML como lenguaje de modelado [15]. Ofrece un estándar para describir un modelo del sistema, incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocio, funciones del sistema y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes reutilizables. Es importante remarcar que UML es un “lenguaje de modelado” para especificar o para describir métodos o procesos. Se trata por lo tanto de un lenguaje gráfico que permite visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de información. UML cuenta con varios tipos de diagramas, los cuales muestran diferentes aspectos de las entidades representadas.

## 4.2 Recursos hardware

Debido a que nuestro trabajo se centra principalmente en aplicaciones web tanto para la gestión de visitas como para la visualización de contenidos mediante códigos QR en dispositivos móviles, es de vital importancia el tiempo de respuesta de la máquina a la hora de satisfacer las múltiples peticiones de los visitantes del MHA.

### 4.2.1 Servidor de desarrollo

El ordenador portátil en el que hemos llevado a cabo el desarrollo de la aplicación es un portátil Toshiba Satellite P50-B-10Z.

Las características hardware de la máquina se detallan a continuación en las siguientes líneas:

- Procesador: Intel® Core i7-4710HQ (2.5 GHz, 6 MB).

- Memoria RAM: 16GB DDR3L SODIMM (1x8GB + 1x8GB) Max 16GB.
- Disco duro: 1TB (5400 rpm S-ATA)
- Almacenamiento óptico: DVD-SuperMulti Doble Capa
- Pantalla: TFT panorámica Full HD (1920x1080)16:9 Toshiba TrueBrite® LED
- Controlador gráfico: AMD Radeon R9 M265X 2GB DDR5



*Ilustración 4.2.1.1: Servidor de desarrollo. Toshiba Satellite P50B10Z*

## 4.2.2 Servidores de implantación

En este apartado detallaremos las máquinas que han sido adquiridas por el Museo de Historia de Arrecife para implantar las aplicaciones desarrolladas en este proyecto de informatización.

Un Portátil HP G62-140ES es usado por los trabajadores del Museo de Historia para almacenar toda la información relativa a la gestión de visitas.

Microprocesador	Procesador Intel Core i3 i3-330M a 2,13 GHz
Caché del microprocesador	3 MB de caché de nivel 2
Memoria	4 GB de memoria DDR3 (2 x 2048 MB)
Memoria máx.	Admite hasta 8 GB de memoria DDR3
Gráficos de vídeo	Tarjeta gráfica ATI Mobility Radeon HD 5430
Memoria de vídeo	Hasta un total de 2234 MB de memoria gráfica con DDR3 dedicada de 512 MB

Disco duro	Unidad de disco duro SATA de 500 GB (7200 rpm)
Tarjeta de red	LAN Ethernet 10/100BASE-T integrada

Tabla 4.2.2.1: Servidor de implantación. Portátil HP G62-140ES

Por otra parte, hemos adquirido un miniordenador Medion Akoya s1501d con Microsoft Windows 8, que actuará como servidor para almacenar todos los contenidos del MHA en diferentes idiomas. Hemos instalado en su sistema operativo un servidor web Apache, sincronizado con un servicio de nombres de dominio (DNS) que transforma los enlaces alojados en los códigos QR a una ruta absoluta en la máquina local.

Familia del procesador	Intel Celeron
Sistema operativo	Windows 8.1
Memoria RAM	4 GB
Procesador	Intel Celeron N2830
Color	Plata/Negro
Alto	5,15 cm
Anchura	11,66 cm
Profundidad	11,2 cm
Tarjeta Gráfica	Intel HD Graphics
Velocidad de procesador	2,16 GHz

Tabla 4.2.2.2: Servidor de implantación. Medion Akoya s1501d



Ilustración 4.2.1.2: Servidor de implantación. Medion Akoya s1501d

### 4.2.3 Dispositivos móviles

Para llevar a cabo las pruebas de validación del Sistema de Gestión de Códigos QR en el interior del Museo de Historia de Arrecife, hemos empleado las siguientes tabletas y teléfonos inteligentes:

- iPad 2 32GB
- iPad Air
- iPhone 6
- iPhone 6 Plus
- Samsung Galaxy A7
- Samsung Galaxy S4
- Samsung Galaxy S5
- Samsung Galaxy S6



*Ilustración 4.2.3.1: Dispositivos móviles*

### 4.2.4 Dispositivos inalámbricos

Para la configuración e instalación de la red local inalámbrica en el interior del Museo de Historia de Arrecife, ha sido necesario adquirir los dispositivos que se detallan en los siguientes apartados:

#### 4.2.4.1 Archer D9 TP-Links AC 1900 Modem Router

El router enviará una señal inalámbrica a los dispositivos móviles y deberá estar ubicado en la amplia sala central del museo. Las características de este dispositivo son las que se detallan a continuación:

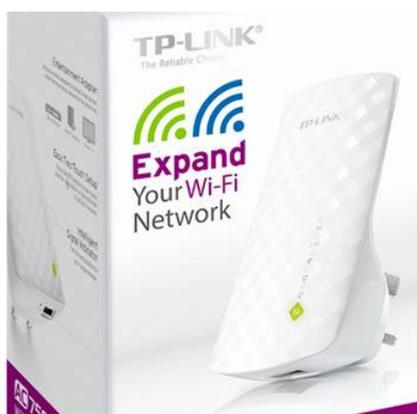
- Soporta el estándar 802.11AC (la siguiente generación de Wi-Fi).
- Conexiones simultáneas en 2.4GHz a 600 Mbps y en 5GHz a 1300 Mbps que permiten una experiencia inalámbrica privilegiada.
- La tecnología Beamforming reparte de la mejor manera y alta eficiencia la conexión inalámbrica.
- Procesador de 1GHz dual-core que asegura que no haya interrupciones cuando se están procesando simultáneamente tareas inalámbricas y cableadas.
- USB 3.0 y USB 2.0. Comparte una impresora localmente y archivos y multimedia con dispositivos en red o remotamente vía servidor FTP.



*Ilustración 4.2.4.1.1: Router Archer D9 TP-Links AC 1900 Modem*

#### **4.2.4.2 TP-Links Wireless Range Extender**

Debido a la problemática asociada al considerable grosor de las paredes del Museo de Historia de Arrecife y la imposibilidad de cablear el interior del recinto dado su carácter de Bien de Interés Cultural (BIC), ha sido necesario instalar tres dispositivos amplificadores de señal inalámbrica en zonas donde existe atenuación severa.



*Ilustración 4.2.4.2.1: TP-Links Wireless Range Extender*

## 4.3 Recursos software

Debemos tener en cuenta que los servidores de desarrollo e implantación detallados en el apartado anterior, requieren de un conjunto de aplicaciones mínimo que permita el desarrollo e implantación del sistema. En los siguientes apartados se detalla un listado de recursos software que han sido necesarios para la elaboración de nuestro sistema de información.

### 4.3.1 Xampp

Se trata de un paquete de aplicaciones interrelacionadas liberado bajo la licencia GNU que actúa como un servidor web libre, fácil de usar y capaz de interpretar páginas dinámicas. XAMPP [20] está compuesto por el sistema gestor de bases de datos MySQL, el servidor web Apache y los lenguajes interpretados PHP y Perl. Su nombre proviene del acrónimo X (para cualquiera de los diferentes sistemas operativos), Apache, MySQL, PHP y Perl.

#### 4.3.2.1 Apache

El servidor HTTP Apache es un servidor web HTTP de código abierto para plataformas Unix (BSD, GNU/Linux, etc.), Microsoft Windows, Macintosh y otras, que implementa el protocolo HTTP/1.12 y la noción de sitio virtual. Algunas de las tecnologías web empleadas para el desarrollo del proyecto son las que se detallan a continuación:

- **HTML.** Es el lenguaje de marcado predominante para la elaboración de páginas web [5]. Es usado para describir la estructura y el contenido de un sitio web en forma de texto, así como para complementar el texto con objetos tales como imágenes. Además, puede describir la apariencia de un documento e incluir otros lenguajes como Javascript o incluso elementos de maquetado como CSS.
- **JavaScript:** JavaScript es un lenguaje de programación interpretado. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico. Al contrario que otros lenguajes, Javascript se ejecuta íntegramente en el lado del cliente. Es posible encontrar código Javascript a lo largo de todo nuestro sistema de información. Sin embargo, podemos verificar un claro ejemplo de su uso en la validación de los datos introducidos en un formulario HTML. Este

código interpretado por el navegador del cliente, es el encargado de comprobar que los datos que ha introducido por teclado son correctos.

- **jQuery.** JQuery es una biblioteca o framework de JavaScript que permite simplificar la manera de interactuar con los documentos HTML mediante la manipulación del árbol DOM, el manejo de eventos y el desarrollo de animaciones. Además, es posible agregar interacción a las páginas web con AJAX. jQuery es una aplicación de software libre y de código abierto. Al igual que otras bibliotecas, ofrece una serie de funcionalidades basadas en JavaScript que de otra manera requerirían de una mayor cantidad de código. Con las funciones propias de esta biblioteca se logran grandes resultados en menos tiempo y espacio. En nuestro sistema de información se han utilizado algunas librerías jQuery que han permitido conseguir grandes efectos (especialmente en los menús) y que serán comentados debidamente en sucesivos apartados de este trabajo.
- **CSS.** CSS (Cascading Style Sheets) es un lenguaje usado para definir la presentación de un documento estructurado escrito en HTML, XML o XHTML. La idea principal que se encuentra detrás del desarrollo de CSS es separar la estructura de un documento de su presentación. De esta forma se facilita la presentación de contenidos y se ofrece una interfaz de usuario más accesible y clara. CSS es utilizado para dar formato a cada una de las etiquetas de un documento HTML.

#### 4.3.2.2 PHP

PHP es un lenguaje de programación interpretado, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas. Está diseñado para ser interpretado en el lado del servidor, lo que significa que su código será procesado íntegramente en el servidor web de implantación y no en el cliente.

#### 4.3.2.3 MySQL

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario que permite realizar todo tipo de consultas a través de sentencias en lenguaje SQL. Simple Query Language o SQL es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en éstas. Una de sus características es el manejo del álgebra y el cálculo relacional, permitiendo efectuar

consultas con el fin de recuperar de una forma sencilla información de interés, así como también hacer cambios sobre la base de datos.

#### 4.3.2.4 Tomcat

Apache Tomcat (también llamado Jakarta Tomcat o simplemente Tomcat) funciona como un contenedor de servlets desarrollado bajo el proyecto Jakarta en la Apache Software Foundation. Tomcat implementa las especificaciones de los servlets y de JavaServer Pages (JSP) de Oracle Corporation. El servlet es una clase en el lenguaje de programación Java, utilizada para ampliar las capacidades de un servidor. Aunque los servlets pueden responder a cualquier tipo de solicitudes, éstos son utilizados comúnmente para extender las aplicaciones alojadas por servidores web, de tal manera que pueden ser vistos como applets de Java que se ejecutan en servidores en vez de navegadores web. Este tipo de servlets son la contraparte Java de otras tecnologías de contenido dinámico Web, como PHP y ASP.NET.

#### 4.3.2 Bind

BIND es el servidor de nombres de dominio más popular en Internet, que trabaja en todas las plataformas informáticas principales y se caracteriza por su flexibilidad y seguridad. Un servidor DNS resuelve los nombres de dominio asociados a una dirección IP para direccionar las peticiones a un servidor específico. Se utiliza cuando un equipo en Internet contacta con otro mediante el nombre de dominio de la máquina y no por su dirección IP.

#### 4.3.3 Pentaho

Pentaho [12] es un conjunto de programas libres, que abordan las distintas fases de la inteligencia de negocios. En la actualidad, se perfila como la suite de inteligencia de negocio de código abierto por excelencia, gracias a su versatilidad, facilidad de uso e integración con prácticamente cualquier origen y base de datos. Ofrece dos versiones, una de ellas gratuita y otra de pago.

- **Pentaho Community Edition:** Se trata de una versión comunitaria, sin costos de licencia y sin servicios de soporte asociados. Es una suite completa con todas

las funcionalidades necesarias para el correcto desarrollo de proyectos de Business Intelligence.

- **Pentaho Enterprise Edition:** Se trata de una versión empresarial, sin costos de licencia y tiene asociados servicios de soporte y mantenimiento que se pagan a través de una suscripción anual. Es una versión certificada que además, posee algunas funcionalidades mejoradas para la consola de administración, y para la construcción de los tableros de control.

La suite de herramientas de Pentaho nos permitirá llevar a cabo sobre los datos los siguientes procesos:

- **Informar:** Acceder a los datos y suministrar información a toda la empresa.
- **Analizar:** Explorar y analizar los datos interactivamente y de forma muy rápida.
- **Sintetizar:** Consigue inmediata visibilidad con medidas y ratios a través de cuadros de mando.
- **Integrar:** Pulir e integrar datos desde múltiples fuentes.
- **Investigar:** Hacer “Minería de Datos” para descubrir patrones ocultos e indicadores de tendencias futuras.

### 4.3.3.1 Pentaho Report Designer

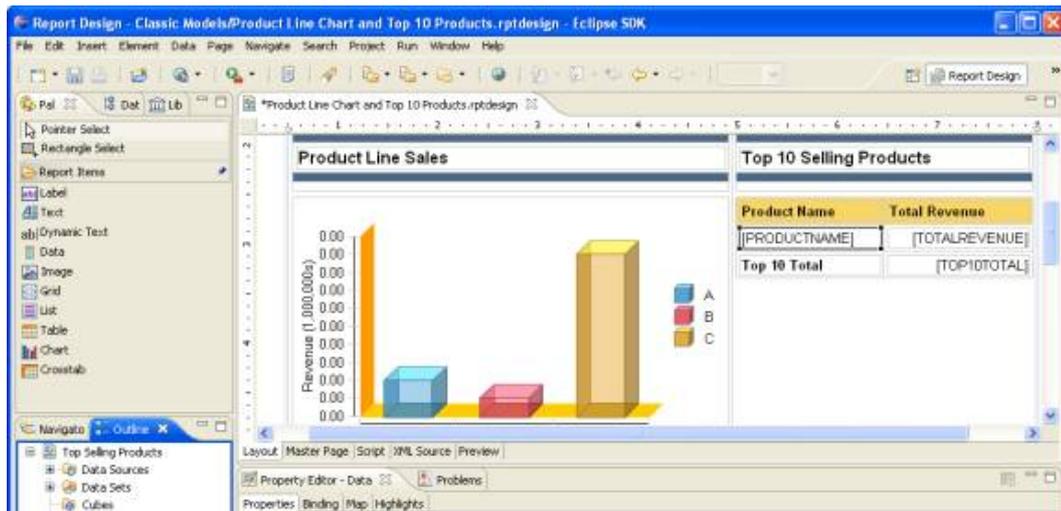
Se trata una herramienta que permite generar informes, fácil de utilizar y con multitud de aplicaciones. Los informes que genera se dividen en secciones o grupos de datos en los que los elementos del informe pueden ser posicionados. Pentaho Report Designer nos permite trabajar con múltiples orígenes de datos (JDBC, Olap4J, Pentaho Analysis, Pentaho Data Integration, XML).



Ilustración 4.3.3.1.1: Pentaho Report Designer

### 4.3.3.2 Eclipse BIRT

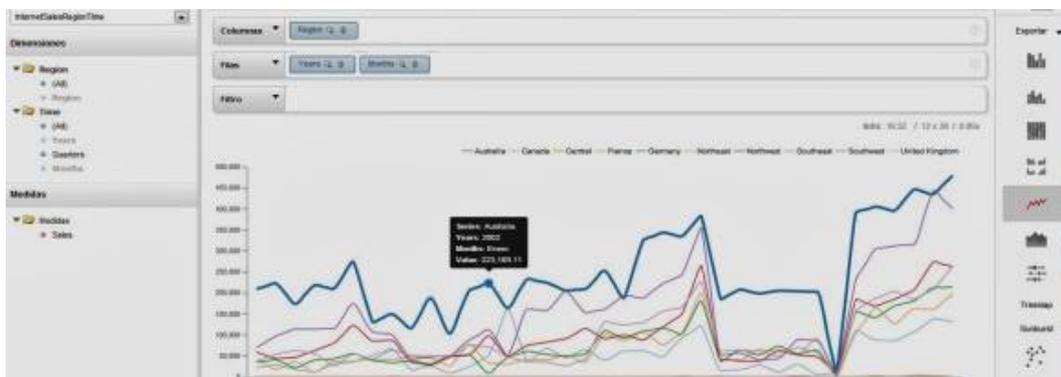
Eclipse Business Intelligence and Reporting Tools es una herramienta de desarrollo de código abierto que permite generar informes eficaces y visuales para su organización.



*Ilustración 4.3.3.2.1: Pentaho Report Designer*

### 4.3.3.3 Web Ad Hoc Query and Reporting Client

La herramienta integrada WAQR nos permite realizar consultas e informes de una forma intuitiva y sencilla.



*Ilustración 4.3.3.3.1: Web Ad Hoc Query and Reporting Client*

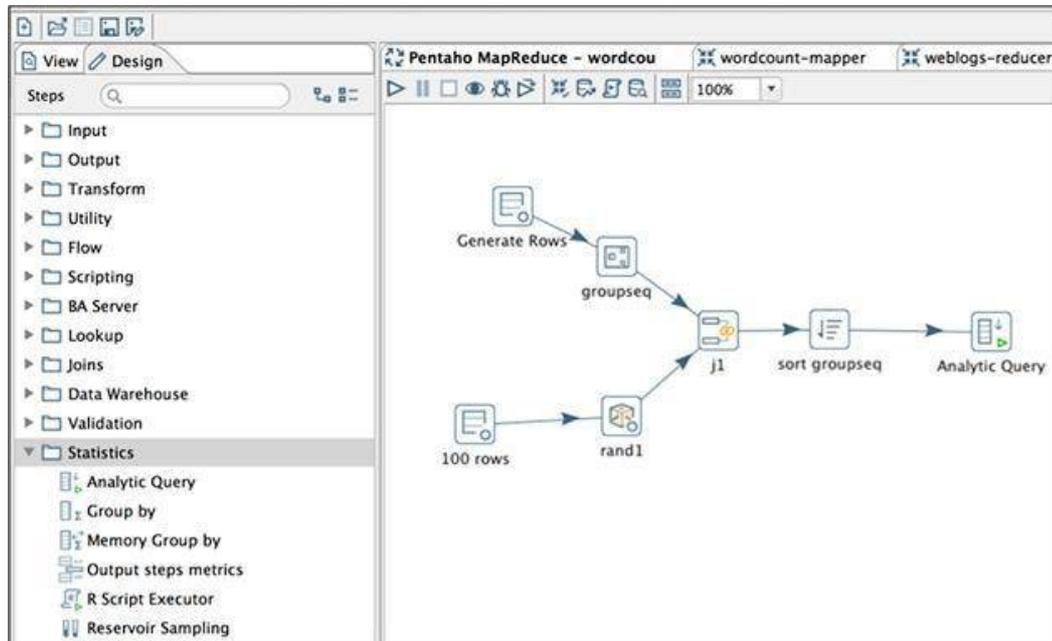
#### 4.3.3.4 Analisis OLAP

Mondrian es una de las aplicaciones más importantes de la plataforma Pentaho BI. Mondrian es un servidor OLAP de código abierto que gestiona la comunicación entre una aplicación OLAP (escrita en Java) y las diferentes fuentes de datos.

Ilustración 4.3.3.4.1: Servidor OLAP Mondrian

#### 4.3.3.5 Pentaho Data Integration

Spoon es el entorno gráfico estándar de PDI, ya que mediante esta interfaz gráfica podemos diseñar todas los KTR basados en una tecnología “Rapid Application Development (RAD)”. Las tareas son modeladas como tipo “Workflow” o “Flujo de Trabajo” para coordinar recursos, ejecución y dependencias de actividades ETL (Extracción, Transformación y Carga).



*Ilustración 4.3.3.5.1: Pentaho Data Integration*

### 4.3.3.6 Metadata Reporting y OLAP

Proporcionan algunas ventajas bastante evidentes a la hora de trabajar con nuestro sistema BI.

- **Interfaz de usuario más amigable:** cuando trabajamos con bases de datos relacionales, se hace complejo llevar a cabo consultas sobre las mismas, pues hay que conocer en profundidad el lenguaje SQL (para sacarle el máximo partido a las consultas) y también, se hace necesario conocer la estructura física de las tablas. Al poner la capa de metadatos por encima, describimos las tablas, los campos y sus relaciones, y los podemos presentar al usuario de una forma más comprensible, para que construya de esta forma sus propios informes, sin necesidad de conocer la compleja realidad que puede haber detrás.
- **Flexibilidad e independencia del esquema físico:** si tenemos un gran número de informes definidos en nuestro sistema BI, y es necesario cambiar la estructura física de los datos, esto nos obligará a modificar todos los informes para adaptarlos a esta casuística. Al tener la capa de metadatos por medio, transformaremos su esquema con los cambios realizados, sin necesidad de modificar los informes. En estos casos, la capa de metadatos nos va a ayudar a absorber el impacto de los cambios en el esquema físico de la base de datos.

- **Definición de privilegios de acceso:** normalmente, las bases de datos nos permiten establecer privilegios de acceso sobre los objetos o sobre las operaciones que se realizan sobre ellos. Sin embargo, no se nos permite establecer privilegios de acceso sobre la granularidad de los datos (por ejemplo, limitaciones de lectura según las zonas geográficas). Es decir, no tenemos un control de acceso a nivel de registro. A través de los metadatos, podemos establecer autorizaciones de este tipo bien a nivel de usuario o de rol (grupo de autorizaciones), para establecer políticas de acceso a los datos con alto nivel de detalle.
- **Gestión de la localización:** la definición de metadatos también nos puede permitir gestionar la internacionalización de un sistema BI, definiendo propiedades como etiquetas o descripciones de las tablas y columnas a nivel de idioma. Cuando se utilicen esos elementos en los informes, aparecerán en el idioma del usuario, recuperando las descripciones (apropiadas a cada lenguaje) de los metadatos.
- **Homogeneización del formato de los datos:** en un sistema de BI para la generación de informes, puede ser aconsejable unificar la representación de los datos, especialmente en aquellos tipos de campos que necesitan un formato especial (por ejemplo, el importe), con sus correspondientes indicadores de moneda, símbolo de decimales o de miles. Los metadatos también nos pueden ayudar en estos casos a definir un formato asociado a los campos, que luego se aplicará cuando sean utilizados en los informes.

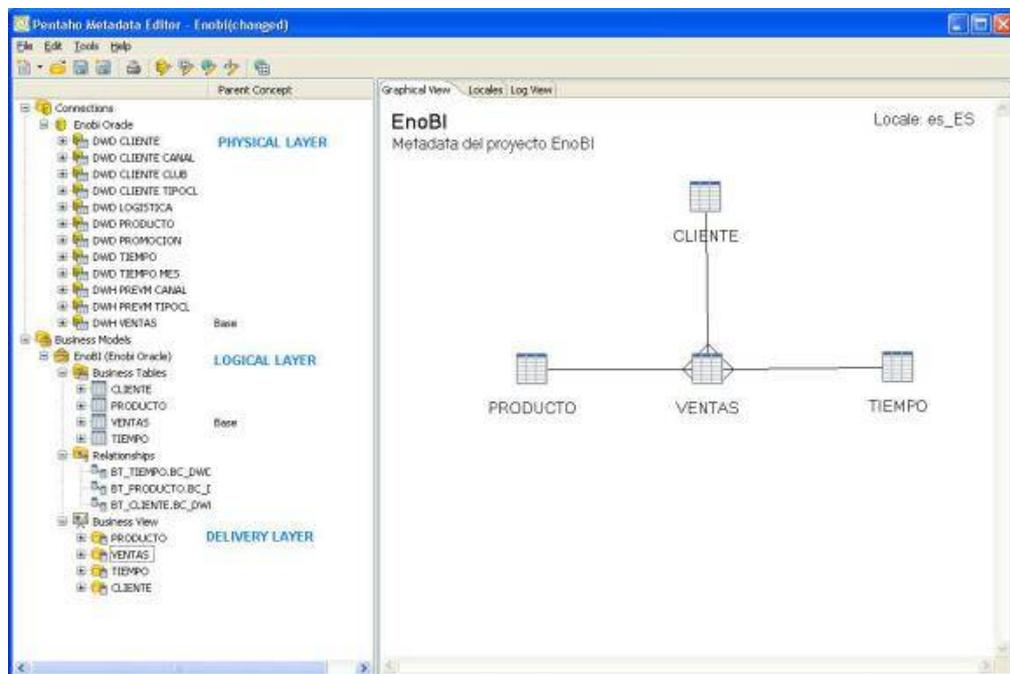


Ilustración 4.3.3.6.1: Metadata Reporting y OLAP

### 4.3.3.7 Pentaho Data Mining

Es una capa que envuelve al proyecto Weka escrito en Java, una suite de software que usa estrategias de aprendizaje automático y minería de datos. Cuenta con series de clasificación, de regresión, de reglas de asociación y de algoritmos de clustering, para así apoyar las tareas de análisis predictivo.

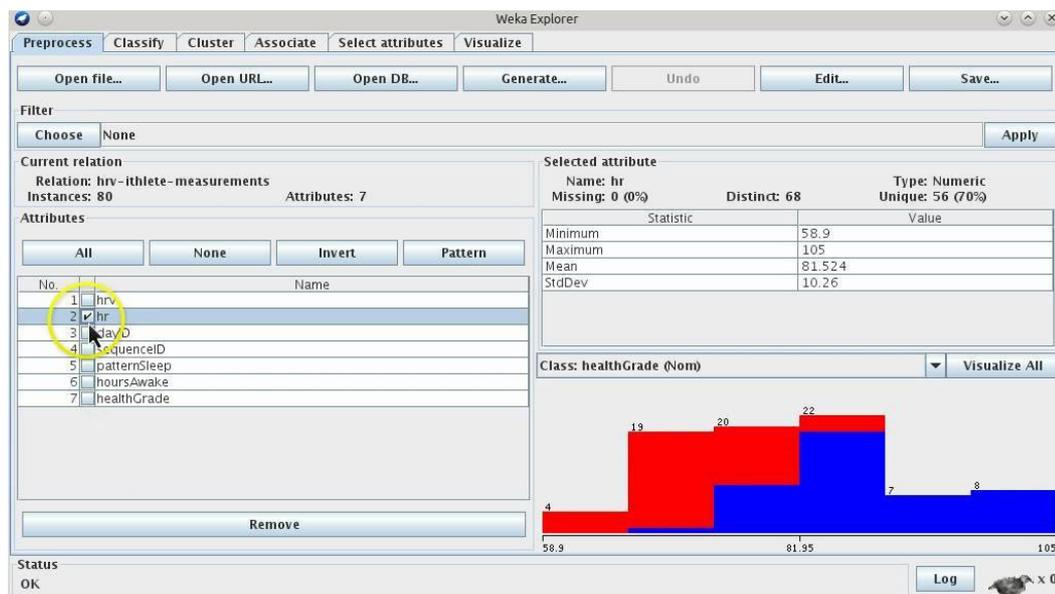


Ilustración 4.3.3.7.1: Pentaho Data Mining

### 4.3.3.8 Community Dashboard Framework

CDF es un conjunto de tecnologías de código abierto que permite a los desarrolladores BI construir cuadros de mando dinámicos y tableros (dashboards) para la plataforma BI de Pentaho. Los dashboards CDF son páginas web que utilizan la tecnología Ajax para combinar informes, gráficos, tablas OLAP y mapas.



Ilustración 4.3.3.8.1: Community Dashboard Framework

### 4.3.3.9 Pentaho User Console

Contiene la consola de administración de Pentaho, que es una aplicación web donde se pueden configurar los roles y usuarios del servidor de BI y también se pueden configurar las fuentes de datos relacionales. Permite agregar diferentes funcionalidades como son los plugins, administrar recursos y ficheros.



Ilustración 4.3.3.9.1: Pentaho User Console

## 4.4 Interfaz de usuario

Uno de los puntos fuertes de las aplicaciones web es la posibilidad de acceder a las mismas desde cualquier lugar a través de Internet. En el diseño del sistema de información se ha tenido en cuenta la necesidad de una correcta visualización en los navegadores de última generación que utilizamos comúnmente en ordenadores de sobremesa, portátiles, tabletas y teléfonos móviles. Algunos de estos navegadores compatibles son los que se listan a continuación:

- Internet Explorer
- Mozilla Firefox
- Safari
- Google Chrome

### 4.4.1 Sistema de Gestión de Visitantes

La manera tradicional de registrar las visitas diarias del Museo de Historia de Arrecife consistía en rellenar una serie de fichas en papel que contenían la información relativa a las nacionalidades de los visitantes. Estas fichas eran pasadas a limpio en una hoja de cálculo con la finalidad de generar a posteriori y de manera rudimentaria diferentes tipos de informes. Por lo tanto, es necesario para nuestro Sistema de Gestión de Visitas que, como mínimo, estén disponibles las siguientes funcionalidades para la interfaz de usuario:

1. Es preciso que el entorno sea lo más amigable posible con el usuario. La mayoría de los campos a rellenar deben ser opcionales y estar agrupados por características comunes identificables.
2. La búsqueda de información referente a los países almacenados en el sistema debe ser bastante intuitiva.
3. En la medida de lo posible, se debe intentar evitar introducir información que haya sido previamente almacenada.
4. El sistema debe facilitar la generación de informes personalizados (tablas y gráficos) en un formato que pueda ser editable.

### 4.4.2 Sistema de Gestión de Códigos QR

La obtención de la información alojada en la red del MHA desde un dispositivo móvil debe ser rápida. Para conseguir este requerimiento es necesario asegurar que no existan puntos muertos, es decir, zonas con expositores donde la señal inalámbrica se pueda ver drásticamente atenuada. Además, debe ser una aplicación web cuya visualización se adapte perfectamente a las dimensiones de diversos dispositivos móviles. Por lo tanto, hemos empleado para validar su correcto funcionamiento en el interior del recinto las siguientes tabletas y teléfonos inteligentes:

- iPad 2 32GB
- iPad Air
- iPhone 6
- iPhone 6 Plus
- Samsung Galaxy A7
- Samsung Galaxy S4
- Samsung Galaxy S5
- Samsung Galaxy S6

## 4.5 Arquitectura Cliente-Servidor

La arquitectura Cliente-Servidor (véase Ilustración 4.5.1) es un modelo para el desarrollo de sistemas de información en el que las transacciones se dividen en procesos independientes que cooperan entre sí para intercambiar información, servicios o recursos. Se denomina cliente al proceso que inicia el diálogo o solicita los recursos y servidor al proceso que responde a las solicitudes. Ambas partes deben estar conectadas entre sí mediante una red de comunicación [16]. Este modelo de interacción es el más común entre aplicaciones en una red.



*Ilustración 4.5.1: Arquitectura Cliente-Servidor*

Este tipo de arquitectura es la más utilizada en la actualidad, debido a que es la que mejor ha evolucionado en estos últimos años. Podemos decir que esta arquitectura necesita tres tipos de software para llevar a cabo su correcto funcionamiento:

- Software de gestión de datos: normalmente este software se aloja en el servidor y se encarga de la manipulación y gestión de los datos almacenados y requeridos por las diferentes aplicaciones.
- Software de desarrollo: este tipo de software se aloja en los clientes y sólo en aquellos que se dediquen al desarrollo de aplicaciones.
- Software de interacción con los usuarios: también reside en los clientes y es la aplicación gráfica de usuario para la manipulación de datos.

La separación entre cliente y servidor es un distanciamiento de tipo lógico, donde el servidor no se ejecuta necesariamente sobre una sola máquina ni es necesariamente un único programa. Los tipos específicos de servidores incluyen los servidores web, los servidores de archivo, los servidores del correo, etc. Mientras que sus propósitos varían de unos servicios a otros, la arquitectura básica seguirá siendo la misma. Una disposición muy común son los sistemas multicapa en los que el servidor se descompone en diferentes programas que pueden ser ejecutados por diferentes computadoras aumentando así el grado de distribución del sistema.

A continuación, vamos a detallar algunos de los beneficios que presenta la arquitectura Cliente-Servidor:

- Mejor aprovechamiento de la potencia de cómputo ya que se reparte el trabajo de manera más equitativa.
- A través de la red viajan requerimientos de usuario y respuestas del servidor por lo que se consigue una reducción en el tráfico.
- Puede operar bajo sistemas abiertos.
- Permite el uso de interfaces gráficas variadas y versátiles.

Los terminales de los clientes interactúan con el usuario, usualmente en forma gráfica. Frecuentemente se comunican con procesos auxiliares que se encargan de establecer conexión con el servidor, enviar el pedido, recibir la respuesta, manejar las fallas y realizar actividades de sincronización y de seguridad. Los clientes de nuestro

sistema de información realizan algunas de las siguientes funciones a través del navegador web:

- Manejar la interfaz de usuario haciendo uso de menús y botones asociados.
- Visualizar e introducir nuevos datos en la aplicación.
- Generar consultas e informes personalizados sobre la base de datos del sistema de información.

El servidor está compuesto por un conjunto de hardware y software que responde a los requerimientos de un cliente. Normalmente, el servidor es una máquina bastante potente que actúa como un depósito de datos:

- Servidor de archivos (Ftp, Novell).
- Servidor web (Http).
- Servidor de nombres de dominio (DNS).
- Servidor de bases de datos (SQL, Cbase, Oracle, Informix).
- Servidor de comunicaciones.
- Servidor de impresión.
- Servidor de terminal.
- Servidor de aplicaciones (Windows NT, Novell).

Algunas de las funciones comunes del servidor son las que se detallan a continuación:

- Acceso, almacenamiento y organización de datos.
- Actualización de datos almacenados.
- Administración de recursos compartidos.
- Ejecución de toda la lógica para procesar una transacción.
- Procesamiento común de elementos del servidor (datos, capacidad de CPU, almacenamiento en disco, capacidad de impresión, manejo de memoria y comunicación).
- Gestión de periféricos compartidos.
- Control de accesos concurrentes a bases de datos compartidas.
- Enlaces de comunicaciones con otras redes de área local o extensa

Entre las principales características de esta arquitectura se pueden destacar las siguientes:

- El servidor presenta a todos sus clientes una interfaz única.
- El cliente no necesita reconocer la lógica del servidor, únicamente su interfaz externa.
- El cliente no depende de la ubicación física del servidor, ni del tipo de equipo físico en el que se encuentra y por supuesto, tampoco depende de su sistema operativo.
- Los cambios en el servidor implican pocos o ningún tipo cambio en el equipo del cliente.



## 5. Metodología

En los siguientes apartados detallaremos paso a paso la labor realizada para el desarrollo de este trabajo, que incluye la creación de un Sistema de Gestión de Visitas, el estudio estadístico de los datos obtenidos mediante la aplicación de técnicas de Inteligencia de Negocio y finalmente la posterior implantación de un sistema basado en códigos QR.

La gran afluencia de visitas durante los primeros meses de inauguración del MHA hizo necesaria la repentina implantación de un sistema de información para gestionar los visitantes que diariamente accedían a la instalación museística.

En una segunda fase se procedió a mejorar la aplicación creada empleando una base de datos MySQL bajo un entorno web basado en software libre. Con la finalidad de extraer conocimiento que nos pudiera ayudar en la toma de decisiones, se llevó a cabo un estudio exhaustivo del registro de visitas del MHA mediante técnicas de Inteligencia de Negocio basadas en análisis OLAP y empleando para ello la herramienta de software libre Pentaho BI.

En una tercera fase motivada por la falta de espacio para incluir información adicional en el interior del recinto y partiendo de los resultados obtenidos en el estudio de nacionalidades anterior, se implantó una red local inalámbrica y se diseñó una aplicación web multilingüe para dispositivos móviles basada en códigos QR. Estos códigos bidimensionales fueron vinculados e impresos sobre cada uno de los diferentes elementos informativos (paneles, vitrinas, cartelas, etc...) ubicados en las diferentes estancias de la instalación museística.

### 5.1 Sistema de Gestión de Visitantes

En los siguientes apartados pretendemos dar una visión de la estructura global de nuestro Sistema de Información para la Gestión de Visitas del Museo de Historia de Arrecife.

Nos hemos centrado en el análisis OLAP de la información que ha sido introducida en una aplicación de escritorio desarrollada en Libre Office Base [10]. Estos datos fueron posteriormente migrados a MySQL y además se implementó una nueva interfaz de usuario web con Zend Framework (PHP).

El diagrama de clases UML de la ilustración 5.1.1 lo hemos utilizado para modelar algunos aspectos del diseño de bases de datos relacionales, pero no cubre toda la semántica involucrada en el modelo relacional de bases de datos; la noción de atributos clave que relacionan entre sí las tablas unas con otras no se puede representar.

Para capturar esta información, un diagrama de Entidad – Relación (ER) se ha empleado como extensión a UML.

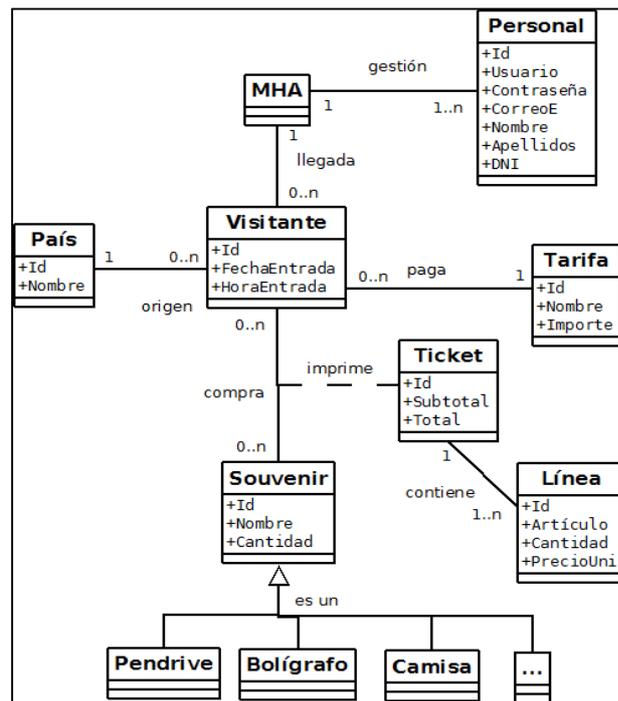


Ilustración 5.1.1: Diagrama de clases UML

En la ilustración 5.1.2 podemos ver un diagrama ER sencillo que emplearemos como una primera aproximación a nuestro sistema.

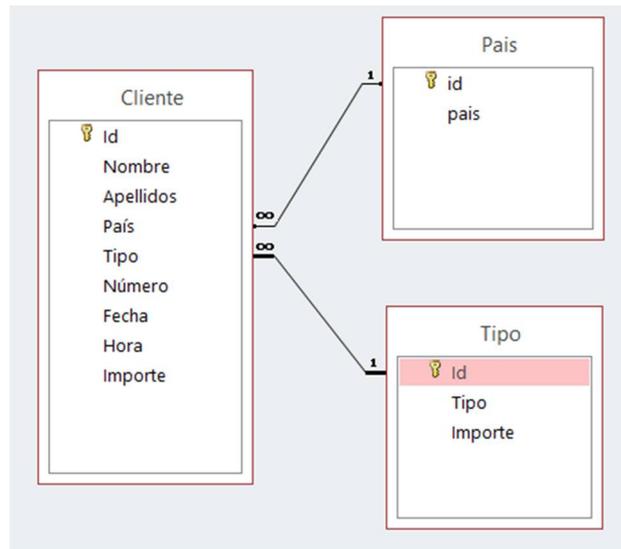


Ilustración 5.1.2: Diagrama Entidad-Relación

**Museo de Historia de Arrecife**

Nuevo Cliente | Tarifas | Informes

Nombre:

Apellidos:

País:  ▼

Tipo:  ▼

Importe del tipo:

Número:

Fecha:

Hora:

**TOTAL**

Botones: [Cancelar] [Guardar] [Imprimir]

Ilustración 5.1.3: Pantalla principal del Sistema de Información

En las ilustraciones 5.1.3 y 5.1.4 se muestra un formulario sencillo para almacenar información relativa a las nacionalidades de los visitantes y registrar la contabilidad de las entradas vendidas en taquilla.

País	Id
72	España
73	Estados Unidos
74	Estonia
75	Etiopía
76	Filipinas
77	Finlandia
78	Fiyi
79	Francia
80	Gabón
81	Gambia
82	Gaza Strip
83	Georgia
84	Ghana
85	Gibraltar
86	Granada
87	Grecia

Ilustración 5.1.4: Selección del país de origen

Como podemos observar en la ilustración 5.1.5, si desplegamos la pestaña tarifas podemos crear nuevas o modificar el importe de alguna tarifa existente en el sistema de información.

Id	Tipo	Importe
1	General	3,00 €
2	Reducida	2,00 €
3	Gratuita	0,00 €
*	(Nuevo)	0,00 €

Ilustración 5.1.5: Selección de la tarifa a aplicar por visitante

Las ilustraciones 5.1.6 y 5.1.7 muestran información asociada a un mismo informe de ventas por día, y ha sido generado a través de la aplicación de escritorio descrita anteriormente.

País	Tipo de tarifa	Número	Hora	Importe
Sin dato	Reducida	67	20:49:01	15,00 €
España	Gratuita	1	20:57:56	3,00 €
Argelia	Reducida	2	21:33:54	15,00 €
Sin dato	Reducida	1	21:34:24	3,00 €
Sin dato	General	3	22:30:36	9,00 €
España	Reducida	5	22:53:40	10,00 €
Sin dato	General	1	14:05:57	3,00 €
Sin dato	General	1	14:06:20	3,00 €
Afganistán	General	1	14:12:28	3,00 €
Sin dato	General	1	14:15:53	3,00 €
Afganistán	General	1	14:18:56	3,00 €
Akrotiri	Reducida	1	14:19:05	2,00 €
Sin dato	General	1	19:08:27	3,00 €

Ilustración 5.1.6: Informe de visitas e ingresos del MHA

País	Tipo de tarifa	Número	Hora	Importe
España	General	1	20:35:05	3,00 €
Total de visitantes		148	Ingresos	180,00 €

Ilustración 5.1.7: Informe de ingresos totales por día del MHA

La tabla “Cliente” de la base de datos contiene el registro de las visitas que han accedido al MHA durante un período de tiempo determinado, tal y como se detalla en la ilustración 5.1.8.

Id	Nombre	Apellidos	País	Tipo	Número	Fecha	Hora	Importe
4503	Nombre	Apellidos	5	3	164	11/12/2014	10:22:38	0,00 €
4501	Nombre	Apellidos	72	3	135	11/12/2014	10:21:22	0,00 €
4502	Nombre	Apellidos	191	3	114	11/12/2014	10:22:02	0,00 €
4505	Nombre	Apellidos	79	3	17	11/12/2014	10:23:38	0,00 €
4506	Nombre	Apellidos	125	3	11	11/12/2014	10:24:04	0,00 €
4508	Nombre	Apellidos	178	3	10	11/12/2014	10:26:00	0,00 €
4518	Nombre	Apellidos	138	3	8	11/12/2014	10:32:43	0,00 €
4507	Nombre	Apellidos	187	3	8	11/12/2014	10:24:29	0,00 €
4517	Nombre	Apellidos	27	3	4	11/12/2014	10:31:45	0,00 €
4509	Nombre	Apellidos	173	3	4	11/12/2014	10:26:28	0,00 €
4512	Nombre	Apellidos	221	3	4	11/12/2014	10:28:59	0,00 €
4513	Nombre	Apellidos	198	3	3	11/12/2014	10:29:24	0,00 €
4510	Nombre	Apellidos	21	3	2	11/12/2014	10:26:50	0,00 €
4511	Nombre	Apellidos	74	3	2	11/12/2014	10:28:28	0,00 €
4519	Nombre	Apellidos	156	3	2	11/12/2014	10:33:05	0,00 €
4516	Nombre	Apellidos	60	3	1	11/12/2014	10:31:24	0,00 €
4520	Nombre	Apellidos	73	3	1	11/12/2014	10:35:52	0,00 €
4514	Nombre	Apellidos	158	3	1	11/12/2014	10:30:37	0,00 €
4600	Nombre	Apellidos	72	3	188	12/12/2014	14:06:26	0,00 €
4603	Nombre	Apellidos	5	3	113	12/12/2014	14:07:23	0,00 €
4602	Nombre	Apellidos	191	3	76	12/12/2014	14:07:01	0,00 €

*Ilustración 5.1.8: Tuplas de la tabla cliente (registro de visitas)*

Los datos extraídos de la tabla “Cliente” los tratamos mediante una herramienta OLAP de Procesamiento Analítico en Línea. Se trata de una solución utilizada en el campo de la llamada Inteligencia de Negocios (Business Intelligence) cuyo objetivo es agilizar la consulta de grandes volúmenes de datos.

### 5.1.1 Pentaho Data Integration

A continuación, vamos a hacer uso de una herramienta denominada “Pentaho Data Integration” que nos permite preprocesar los datos de la ilustración 5.1.8, eliminando aquellas columnas de la tabla “Cliente” que no deseemos someter a un posterior estudio estadístico.

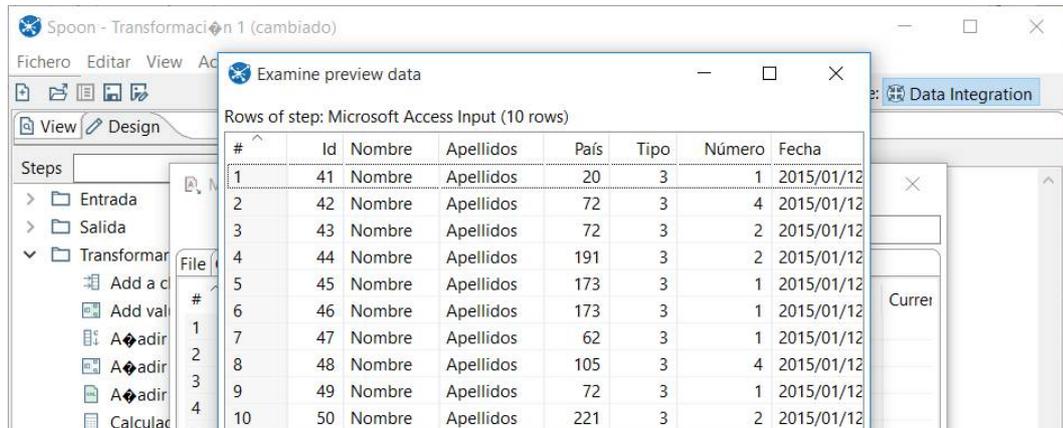


Ilustración 5.1.1.1: Vista previa de los datos de la tabla cliente

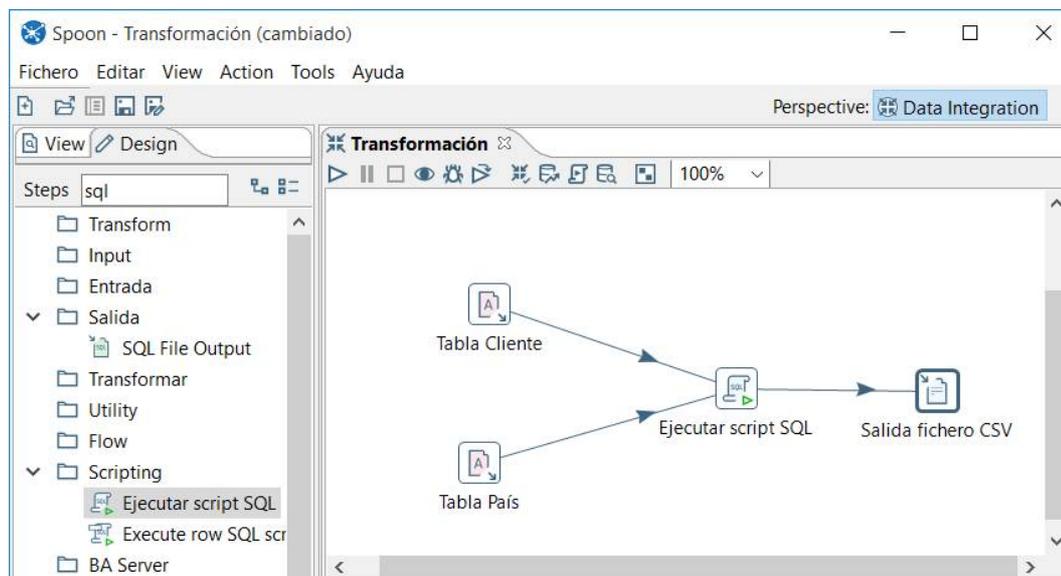
El fichero de salida generado tiene la estructura que se detalla en la tabla 5.1.1.1. Como se puede observar, la primera columna hace referencia al número de visitantes, la segunda a la fecha de entrada y la tercera al código del país de origen. A diferencia de la tabla original, se han discriminado las tarifas y la hora, ya que el personal de la instalación museística no siempre introduce la totalidad de los campos.

```

1, 12/01/2015, 20
4, 12/01/2015, 72
2, 12/01/2015, 72
2, 12/01/2015, 191
1, 12/01/2015, 173
1, 12/01/2015, 173
1, 12/01/2015, 62
...
49, 13/08/2015, 191
    
```

Tabla 5.1.1.1: Fichero de salida de datos “Cliente.csv”

Si deseamos obtener el país de origen como una cadena de texto, debemos llevar a cabo una consulta sobre las tablas cliente y país de nuestra base de datos MySQL. De esta forma, se obtendrá un fichero con extensión “.csv” que tiene la estructura que se detalla en la tabla 5.1.1.2



*Ilustración 5.1.1.2: Creación de CSV a partir de las tablas “Cliente” y “País”*

Como se puede observar en la tabla 5.1.1.2, en esta ocasión la primera columna hace referencia al número de visitantes, la segunda a la fecha de entrada y la tercera a una cadena de caracteres que indica el país de origen.

```
1, 12/01/2015, Australia
4, 12/01/2015, España
2, 12/01/2015, España
2, 12/01/2015, Reino Unido
1, 12/01/2015, Noruega
1, 12/01/2015, Noruega
1, 12/01/2015, Dinamarca
...
49, 13/08/2015, Reino Unido
```

*Tabla 5.1.1.2: Fichero de salida de datos cliente.csv*

Podríamos utilizar la salida generada en el apartado anterior empleando la herramienta “Pentaho Data Integration” (Kettle) para crear fácilmente un informe con “Pentaho Report Designer”.

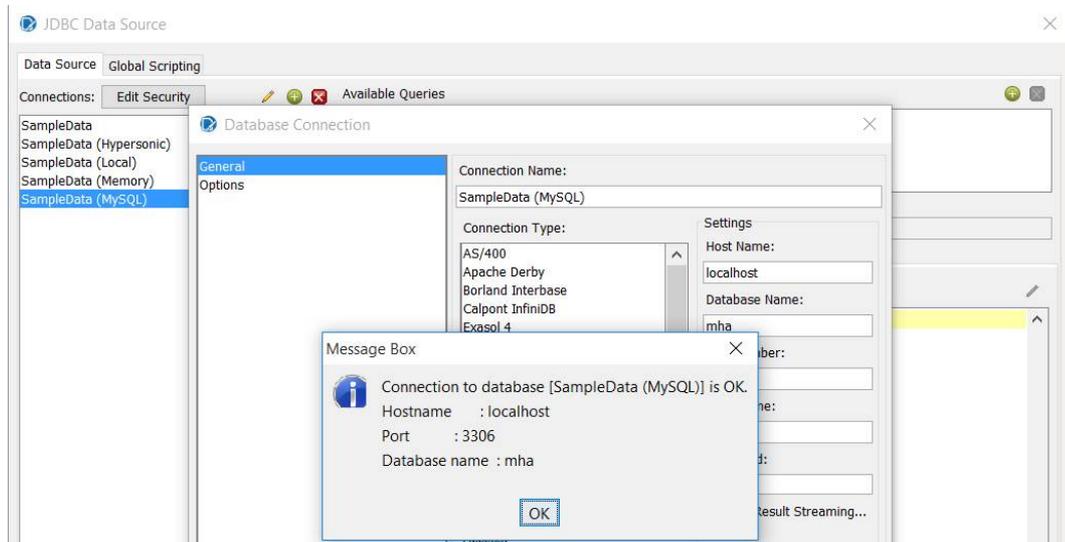


Ilustración 5.1.1.3: Conexión con la BD MySQL

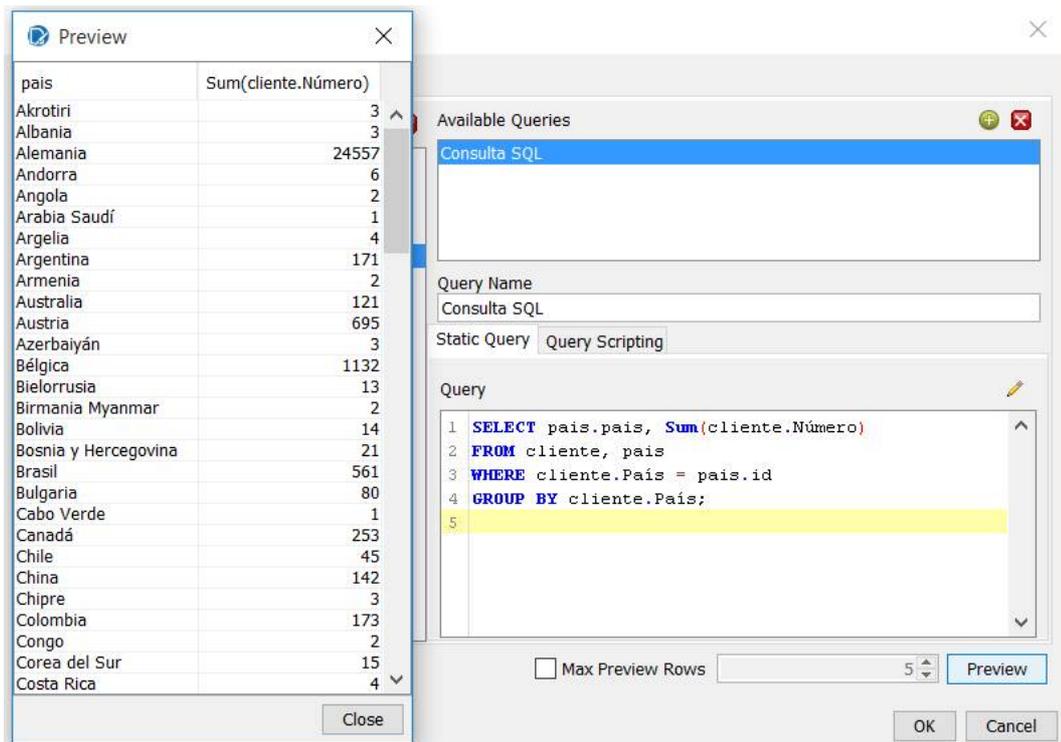
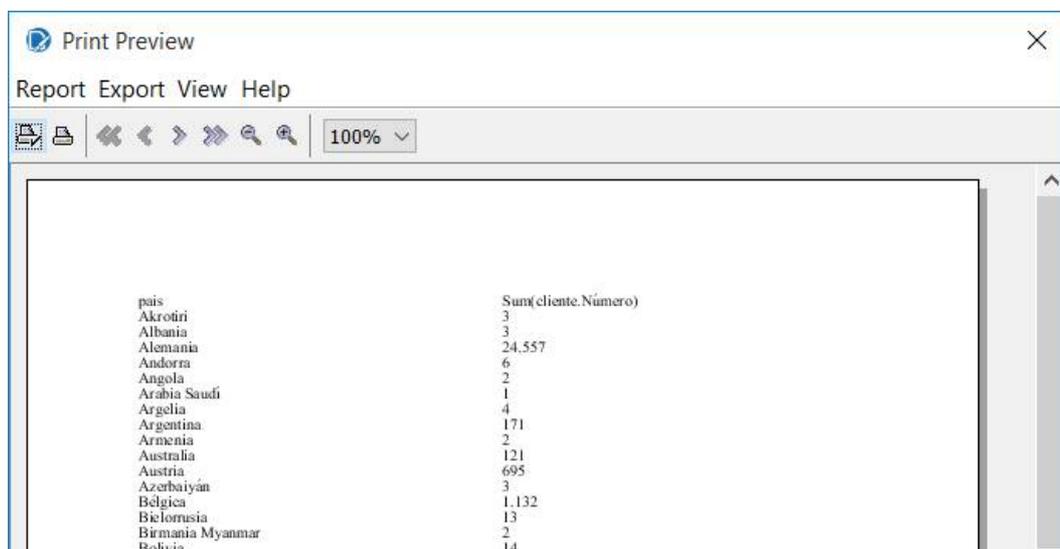


Ilustración 5.1.1.4: Vista previa de la consulta SQL

Hemos creado una consulta que nos permite visualizar el número total de visitantes por nacionalidad que se encuentran registrados en la base de datos del Museo de Historia (ilustración 5.1.1.4).



pais	Sum(cliente.Número)
Akrotiri	3
Albania	3
Alemania	24.557
Andorra	6
Angola	2
Arabia Saudi	1
Argelia	4
Argentina	171
Armenia	2
Australia	121
Austria	695
Azerbaiyan	3
Belgica	1.132
Bielorrusia	13
Birmania Myanmar	2
Bolivia	14

*Ilustración 5.1.1.5: Informe de nacionalidades de visitantes*

## 5.1.2 Pentaho Business Intelligence

Llegados a este punto, vamos a utilizar la aplicación “Pentaho BiServer - CE” para mostrar los datos del fichero CSV descrito en la tabla 5.1.1.2 utilizando una estructura multidimensional en forma de cubo OLAP. Esta representación nos permitirá generar posteriormente informes mediante “Pentaho Report Designer”.

Cabe destacar que las aplicaciones desarrolladas son un encargo vinculado al proyecto de musealización del MHA a través del Ayuntamiento de Arrecife. Al tratarse de una empresa pública, hemos creído conveniente utilizar una aplicación de software libre para un ambiente que es por su naturaleza eminentemente empresarial.

En la ilustración 5.1.2.1 podemos ver una captura de pantalla de un cubo OLAP que hemos generado con la herramienta Pentaho. Es posible observar el número de visitantes por nacionalidad para un periodo de tiempo determinado. Si pinchamos en la lupa visible a la derecha del número de visitas totales por país, podemos acceder a un desglose detallado de visitas por día.

Nacionalidad	Measures
	Visitantes
Alemania	24557
España	23186
Reino Unido	18598
Francia	5825
Italia	4011
Países Bajos	3690
Irlanda	1769
Polonia	1722
Bélgica	1132
Suecia	819
Suiza	712
Austria	695
Dinamarca	693
Noruega	658
Brasil	561
Estados Unidos	447
Sudáfrica	384

Fecha	Visitantes
2014-12-11 00:00:00.0	164.0
2014-12-12 00:00:00.0	113.0
2014-12-13 00:00:00.0	89.0
2014-12-15 00:00:00.0	90.0
2014-12-16 00:00:00.0	56.0
2014-12-17 00:00:00.0	237.0
2014-12-18 00:00:00.0	201.0
2014-12-19 00:00:00.0	20.0
2014-12-20 00:00:00.0	56.0
2014-12-22 00:00:00.0	58.0
2014-12-23 00:00:00.0	112.0
2014-12-24 00:00:00.0	199.0
2014-12-25 00:00:00.0	170.0
2014-12-26 00:00:00.0	196.0
2014-12-27 00:00:00.0	146.0

Ilustración 5.1.2.1: Cubo OLAP desde Pentaho BI

La aplicación nos permite exportar toda esta información a una hoja de cálculo con extensión “.csv”.

Nacionalidad	2014-12-11 00:00:00.0	2014-12-12 00:00:00.0	2014-12-13 00:00:00.0	2014-12-15 00:00:00.0
Alemania	164	113	89	
España	135	188	166	
Reino Unido	114	76	106	
Francia	17	10	6	
Italia	11	20	8	
Países Bajos	10	8		
Irlanda		4	6	
Polonia	8	3	2	

Ilustración 5.1.2.2: Visualizaciones desde Pentaho BI

Sin embargo, en la ilustración 5.1.2.2 podemos ver una representación alternativa basada en una matriz, representando el número de visitas totales para cada país y por día. De manera análoga, si pinchamos en la lupa visible a la derecha de cada valor,

podemos acceder a los diferentes momentos del día en los que han ido llegando los visitantes de esa nacionalidad.

### 5.1.3 Pentaho Dashboard Editor

Tal y como se puede observar en la ilustración 5.1.3.1, con la herramienta Dashboard Editor hemos diseñado un cuadro de mando que nos permite gestionar a través del navegador web y de forma sencilla, la información estadística que se detalla a continuación:

- Tabla de resultados y gráfico de área con el número de visitantes agrupados por meses.
- Tabla de resultados y gráfico de barras con el número de visitantes agrupados por días.
- Tabla de resultados y gráfico circular con los porcentajes totales de visitantes agrupados por nacionalidades.
- Tabla de resultados y gráfico de barras con el número de visitantes por día agrupados por nacionalidades.

Estos resultados obtenidos serán estudiados en profundidad en los capítulos 6 y 7, con la finalidad de extraer conocimiento que nos permita tomar decisiones para la mejora de la instalación museística.

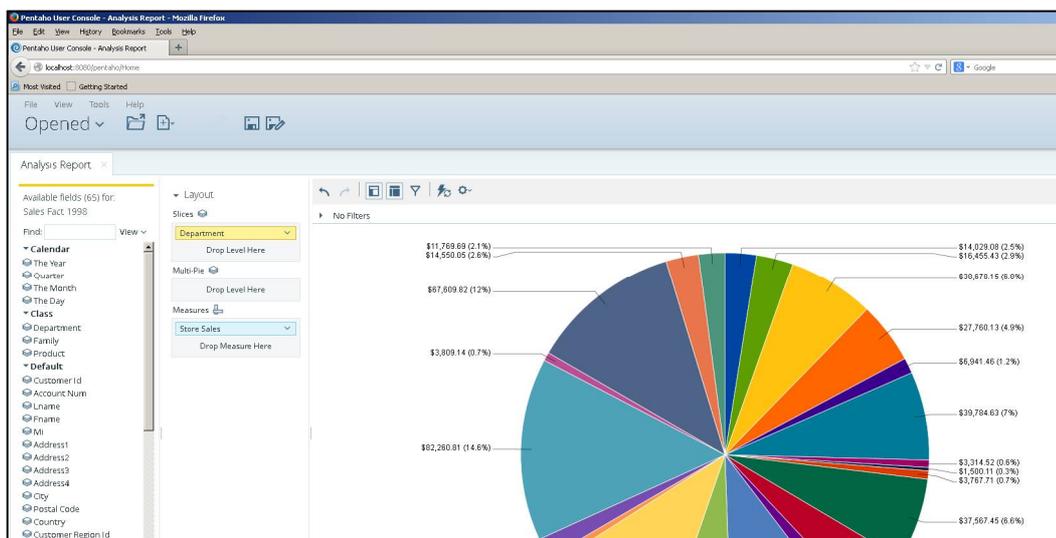


Ilustración 5.1.3.1: Visualizaciones desde Pentaho Dashboard

## 5.2 Sistema de Gestión de Códigos QR

A partir de los datos obtenidos anteriormente, hemos llevado a cabo en la sección de resultados un estudio detallado acerca de los visitantes de museo. Teniendo en cuenta que los contenidos de la exposición permanente están íntegramente en idioma español, este análisis estadístico ha dejado al descubierto la necesidad de desarrollar una aplicación web multilingüe para dispositivos móviles que procederemos a detallar en los siguientes apartados.

Inicialmente se barajó la posibilidad de implementar una aplicación móvil para Android/iOS que pudiera ser descargada directamente del repositorio de aplicaciones en la nube. Esta opción se descartó rápidamente debido al alto contenido en imágenes de los paneles, vitrinas y cartelas del museo y a la posibilidad de un elevado coste económico para muchos visitantes extranjeros que deberían emplear itinerancia en sus datos móviles para descargar la aplicación. Por lo tanto, se optó por emplear un lector de códigos QR para móviles que operaría en el interior de una red local inalámbrica gestionada por un servidor web en el interior de la instalación museística.

### 5.2.1 Diseño gráfico

En las ilustraciones 5.2.1.1 y 5.2.1.2 podemos ver el resumen en diferentes idiomas del panel 1. Estas imágenes deberán mantener las proporciones adaptándose a los diferentes dispositivos móviles de los visitantes.

**1** el medio natural

MUSEO DE HISTORIA DE ARRECIFE



## Lanzarote: nace una isla

Al igual que en el resto del archipiélago canario, el volcanismo que dio origen a Lanzarote comenzó siendo submarino hace entre 50 y 20 millones de años, formando el Complejo Basal. En torno a los 20 millones de años se reinició la actividad volcánica (Serie I) originándose los macizos de Famara y Los Ajaches. Entre los 12 y los 5 millones de años la erosión dio lugar a una amplia llanura central entre los macizos, adquiriendo la isla los rasgos generales del relieve actual. A partir de los 5 millones de años la actividad volcánica se reactivó en la llanura central, prolongándose hasta épocas históricas. En esta última fase se han diferenciado tres series volcánicas (II, III y IV), separadas por intervalos de inactividad eruptiva pero de intensa erosión.

*Ilustración 5.2.1.1: Ejemplo de panel informativo en castellano*

**1** umwelt und landschaft 



**entstehung von  
Lanzarote**

Lanzarote (so wie all die Kanarischen Inseln) entstand aus einem Vulkan. Dieses Phänomen begann unter Wasser ca. 50-20 Millionen Jahre vorher. Zuerst wurde der Grundkomplex geformt. Dann (vor etwa 20 Millionen Jahren) folgte eine neue Aktivität (Folge I) und so entstanden Famara und Los Ajaches. In dem Zeitraum von 12-5 Millionen Jahren gab es eine Erosion in der Zentralebene, die die wichtigsten Merkmale der Geographie der Inseln formte. Später (vor 5 Millionen Jahren) gab es noch in der Zentralebene drei vulkanische Folgen (II, III und IV).

**1** the natural environment 



**Lanzarote:  
an island is born**

Like the rest of the Canary Island Archipelago, the volcanic activity that created Lanzarote started under the sea between 20 and 50 million years ago, forming the Basal Complex. The volcanic activity started again about 20 million years later (Series I) creating the massifs of Famara and Los Ajaches. Between 5 and 12 million years ago erosion gave rise to a broad central plain between the two massifs, giving the island the general features of its present-day relief. Volcanic activity started again in the central plain, and continued into historic times. There have been three distinct volcanic series in this latest phase (II, III and IV), separated by dormant periods from a volcanic point of view, but intense in terms of erosion.

**1** environnement naturel 



**Lanzarote:  
naissance d'une île**

Tout comme pour le reste de l'archipel canarien, le volcanisme à l'origine de l'île de Lanzarote et qui a donné naissance au complexe basal il y a de cela entre 50 et 20 millions d'années a tout d'abord été de type sous-marin. L'activité volcanique (série I) a ensuite recommencé il y a quelque 20 millions d'années pour former les massifs de Famara et de Los Ajaches. L'érosion qui s'est produite au cours de la période comprise entre les 12 et 5 millions d'années avant notre ère a taillé une vaste plaine centrale entre les massifs et a donné au relief de l'île son apparence générale actuelle. L'activité volcanique qui a repris dans la plaine centrale il y a de cela 5 millions d'années s'est poursuivie jusqu'aux époques historiques. Les trois séries volcaniques (II, III et IV) qui composent cette dernière phase sont séparées par des périodes d'inactivité éruptive mais particulièrement érosives.

**1** ambiente naturale 



**Lanzarote:  
la nascita di un'isola**

Così come nel resto dell'arcipelago delle Canarie, il vulcanismo che creò Lanzarote tra 50 e 20 milioni d'anni fa fu all'inizio sottomarino e formò il complesso basale. L'attività vulcanica riprese all'incirca 20 milioni d'anni fa (Serie 1) e fu all'origine dei massicci di Famara e di Los Ajaches. In una fase successiva compresa tra i 12 e i 5 milioni di anni fa, l'erosione produsse una vasta pianura centrale fra i massicci, dando così all'isola le caratteristiche generali dei rilievi odierni. 5 milioni di anni fa, l'attività vulcanica si manifestò ancora nella pianura centrale e continuò fino ad epoche storiche. Durante quest'ultima fase, ci furono tre serie di attività vulcaniche (II, III, IV), separate da intervalli d'inattività eruttiva, ma caratterizzate da un'intensa erosione.

Ilustración 5.2.1.2: Ejemplo de panel en diferentes idiomas

## 5.2.2 Generación de códigos QR

Se ha llevado a cabo la impresión de un código QR sobre cada panel, vitrina y cartela del Museo de Historia de Arrecife. Esto permitirá a los visitantes acceder a través de su dispositivo móvil a la información del expositor en su idioma.

A través de la página <http://www.qrcode-monkey.com/es/> hemos generado cada uno de los diferentes códigos QR asociados a enlaces web de paneles, cartelas y vitrinas principalmente.



*Ilustración 5.2.2.1: Modelo de códigos QR de diferentes dimensiones*

### 5.2.2.1 Expositores

Los paneles del Museo de Historia de Arrecife están constituidos por carteleros de lienzo tratado, de grandes dimensiones, sujetas sobre bastidores de madera que se han montado sobre soportes elaborados en acero cortén, distribuidos por las diferentes estancias del recinto museístico. Se ha generado un código QR para cada uno de los 25 paneles que forman parte de la exposición permanente.

Las vitrinas son expositores con puertas o tapas de metacrilato o cristal que exponen a la vista, con seguridad y sin deterioro, una serie de objetos singulares. Se ha generado un código QR para cada una de las 12 vitrinas que forman parte de la exposición permanente.

Las cartelas son pequeños carteles con textos explicativos, de diferentes tamaños, que complementan el diseño expositivo y explican los objetos expuestos. Se ha generado un código QR para cada una de las 12 cartelas que forman parte de la exposición permanente.



*Ilustración 5.2.2.1.1: Paneles, vitrina y cartela*

### 5.2.3 Implementación

Como se puede apreciar en la tabla 5.2.3.1, la aplicación basa su funcionamiento en la detección del idioma del navegador web del visitante, enviando el servidor web al dispositivo móvil del cliente la información del panel seleccionado en el idioma correspondiente.

```

<html>
<head>
<title>Museo de Historia de Arrecife</title>
<meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=utf-8" />
<script type="text/javascript">

function idioma() {

if (navigator.userAgent.indexOf("Opera")!=-1) (language=navigator.language)
else {
    if
        (navigator.appName == "Netscape") (language=navigator.language)
        else language=navigator.browserLanguage
    };
if (language){
    language=language.substring(0,2)
}
else {language="en"}

switch (language) {
case "en" : window.location="html/en/clqr_en.html"; break; // Inglés
case "es" : window.location="html/es/clqr_es.html"; break; // Español
case "fr" : window.location="html/fr/clqr_fr.html"; break; // Francés
case "it" : window.location="html/it/clqr_it.html"; break; // Italiano
case "de" : window.location="html/de/clqr_de.html"; break; // Alemán
//case "pt" : window.location="html/pt.html"; break; // Portugués
default : window.location="html/en/clqr_en.html" }
}

</script>

</head>
<body>

    <script type="text/javascript">
        window.onload = idioma();
    </script>
</body>
</html>

```

*Tabla 5.2.3.1: Código fuente para la detección del idioma*

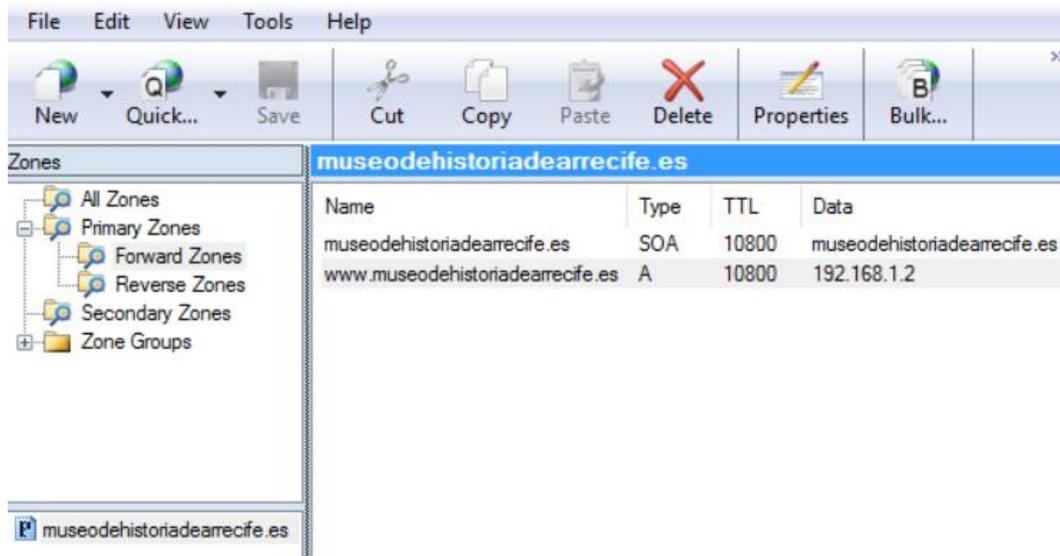


Ilustración 5.2.3.1: Configuración de registro de zona DNS

La ilustración 5.2.3.1 muestra la configuración de un servidor DNS encargado de llevar a cabo las traducciones de los enlaces contenidos en los códigos QR a direcciones IP del servidor local (192.168.1.2) del MHA.

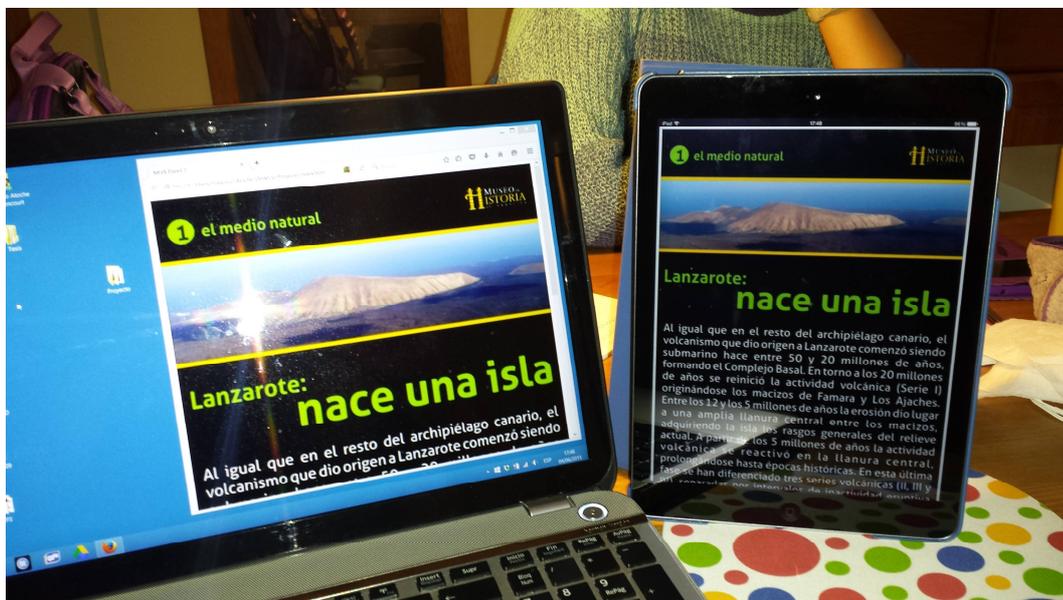


Ilustración 5.2.3.2: Pruebas en el servidor de desarrollo

Para llevar a cabo las pruebas en el equipo de desarrollo, ha sido necesario instalar un servidor web Apache que contenga la aplicación web multilingüe para la gestión de códigos QR. Una vez probado su correcto funcionamiento tal y como podemos observar en la ilustración 5.2.3.2, hemos procedido a llevar a cabo su montaje en el Museo de Historia de Arrecife.



*Ilustración 5.2.3.3: Colocación de los paneles del MHA*

Para consultar los contenidos en el interior del recinto se precisa un lector de códigos QR que es posible descargar de forma muy sencilla desde el instalador de aplicaciones de cualquier dispositivo móvil.

## 5.2.4 Montaje de la red local inalámbrica

El MHA cuenta con dos equipos que actúan como servidores para gestionar tanto las visitas y la venta de entradas como la información asociada a los códigos QR de las vitrinas, paneles y cartelas.

La sala 14 se emplea como punto de recepción y venta de entradas, ubicándose en su mostrador un ordenador principal con una aplicación de escritorio cuya finalidad es llevar a cabo la gestión de las visitas y la venta de tickets. Como se puede observar en la ilustración 5.2.4.1, el servidor para la gestión de códigos QR se encuentra ubicado en la sala 6 y está conectado a un dispositivo enrutador que aporta conexión inalámbrica a un rango reducido de estancias del MHA.

① MEDIO NATURAL	⑧ BALUARTE
② FAUNA Y FLORA	⑨ CORSARIOS Y PIRATAS
③ COLONIZACIÓN PROTOHISTÓRICA	⑩ ALMACÉN
④ PRIMEROS POBLADORES	⑪ BALUARTE
⑤ MOMIFICACIÓN	⑫ ARRECIFE ACTUAL
⑥ ETAPAS DE LA HISTORIA INSULAR	⑬ TIENDA
⑦ CARPINTERÍA DE RIBERA	⑭ VENTA DE ENTRADAS

Tabla 5.2.4.1: Salas del Museo de Historia de Arrecife

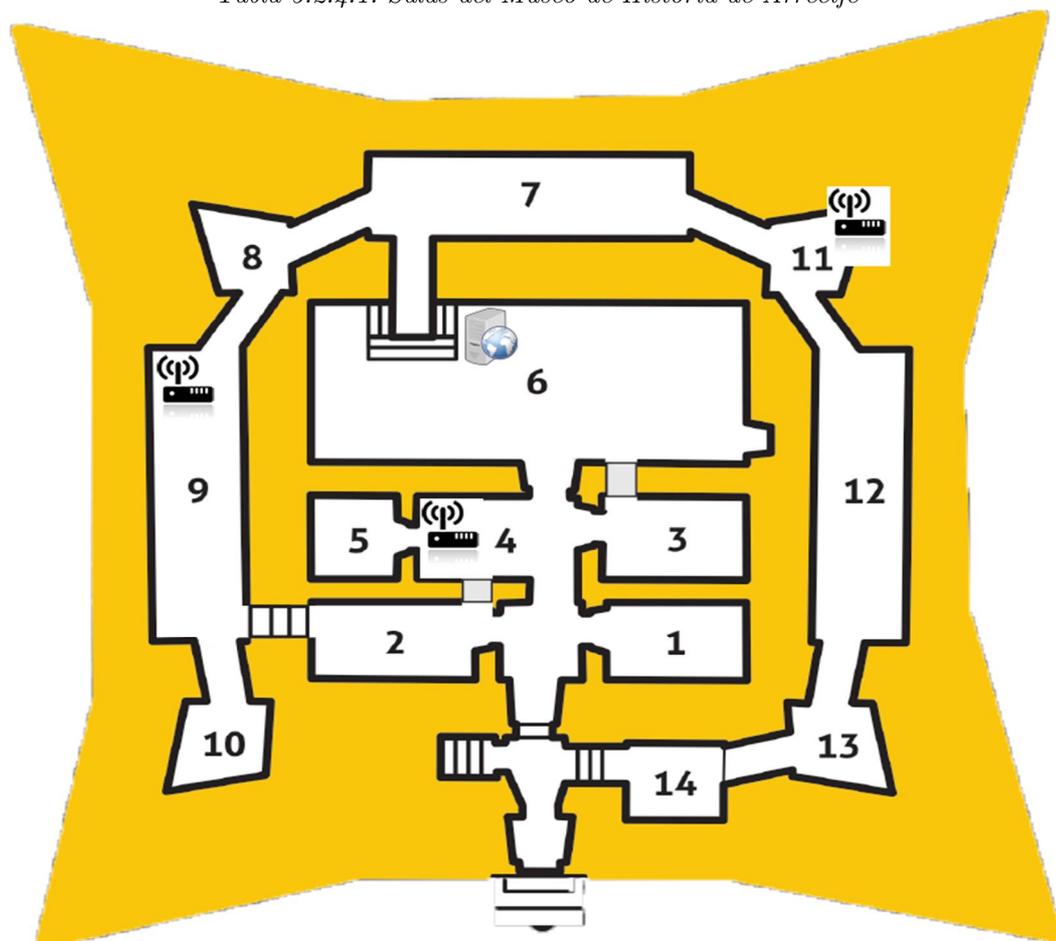


Ilustración 5.2.4.1: Plano de las diferentes estancias del MHA

#### 5.2.4.1 Router Archer D9 TP-Links AC 1900 Modem

El dispositivo enrutador ha sido configurado para propagar una señal inalámbrica denominada “Museo de Historia de Arrecife”. Hemos empleado la dirección IP 192.168.1.1 y habilitado el servidor DHCP, de forma que las direcciones se asignen a los dispositivos móviles de los visitantes de forma automática y siempre en el rango 192.168.1.3 - .254.



*Ilustración 5.2.4.1.1: Montaje de la red local inalámbrica*

#### 5.2.4.2 Servidor Medion Akoya s1501d

Recordemos que tanto el servidor web para la gestión de códigos QR como el servidor DNS están instalados en un mismo equipo. Esta máquina tiene asignada de manera permanente la dirección IP 192.168.1.2.

### 5.2.4.3 Repetidores TP-Links

Tal y como se comentó en la sección 4.2.4.2, ha sido necesario instalar una serie de repetidores inalámbricos en puntos estratégicos (salas 9, 4 y 11), con la finalidad de conseguir una cobertura óptima en todo el recinto. En el plano de la ilustración 5.2.4.1 se puede observar el lugar que ocupan cada uno de los elementos informáticos que se pretendían instalar.



*Ilustración 5.2.4.2.1: Configuración del servidor de gestión de códigos QR*



## 6. Resultados

Los resultados que se presentan a continuación son el fruto de un año de trabajo en el que hemos podido alcanzar todos los objetivos propuestos. Además, hemos llevado a cabo determinadas tareas opcionales que han permitido mejorar en general la calidad de nuestro proyecto.

En definitiva, los sistemas de información diseñados aportan a los usuarios finales los siguientes servicios:

- Gestionar de forma sencilla una gran cantidad de información vinculada a los visitantes que diariamente acceden a las instalaciones del Museo de Historia de Arrecife.
- Realizar informes estadísticos de diversa índole y facilitar de esta forma la extracción de información útil que permita la obtención de conocimiento para la toma de decisiones futuras.
- Impulsar la promoción del acceso universal a la información de la exposición permanente y crear nuevas capacidades relativas a la aplicación de las nuevas tecnologías en beneficio de los visitantes del museo.
- Facilitar el aprovechamiento social de los recursos patrimoniales, aumentando la riqueza cultural de la ciudad, de sus habitantes y de sus visitantes.

Nuestra aplicación web para la gestión de códigos QR es accesible desde cualquier dispositivo con acceso a la red local inalámbrica del Museo de Historia de Arrecife, siempre y cuando utilice alguno de los diferentes navegadores web existentes en el mercado.

Con la finalidad de poder visualizar los contenidos de la aplicación de forma óptima, se han realizado numerosas pruebas para Internet Explorer, Mozilla Firefox, Safari y Google Chrome. Además, durante la implementación se han respetado las recomendaciones establecidas por el consorcio internacional de la web W3C [19].

Se ha procurado cuidar al máximo todos los aspectos relacionados con la interfaz, ya que un objetivo clave de cualquier aplicación es lograr que la interfaz de usuario sea lo más amigable posible en todas las presentaciones de pantalla.

## 6.1 Estudio de visitantes

El número de visitas al Museo de Historia de Arrecife se ve altamente influenciado por la constante llegada de cruceros al Puerto de Arrecife. Durante los meses de diciembre de 2014, enero, febrero, marzo y abril de 2015 se registra una mayor afluencia, que se ve drásticamente mermada a partir de mayo y se prolonga en el tiempo hasta recién entrado el mes de octubre, donde la curva empieza a recuperarse progresivamente (véase Tabla 6.1.1).

Mes	Visitantes
<b>Diciembre '14</b>	14.496
<b>Enero '15</b>	13.935
<b>Febrero '15</b>	13.910
<b>Marzo '15</b>	13.106
<b>Abril '15</b>	11.918
<b>Mayo '15</b>	5.904
<b>Junio '15</b>	7.479
<b>Julio '15</b>	7.617
<b>Agosto '15</b>	8.539
<b>Septiembre '15</b>	7.191
<b>Octubre '15</b>	9.183
<b>Noviembre '15</b>	10.675
<b>Diciembre '15</b>	8.787

*Tabla 6.1.1: Visitas agrupadas por meses*

Totales	Visitantes
<b>Año 2015</b>	<b>118.244</b>
<b>Total (Dic '14 + Año '15)</b>	<b>132.740</b>

*Tabla 6.1.2: Total de visitantes por año*

Tal y como se puede observar en la tabla 6.1.2, durante el periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2014 hasta el 31 de diciembre de 2015, se ha registrado un total de 132.740 visitas.

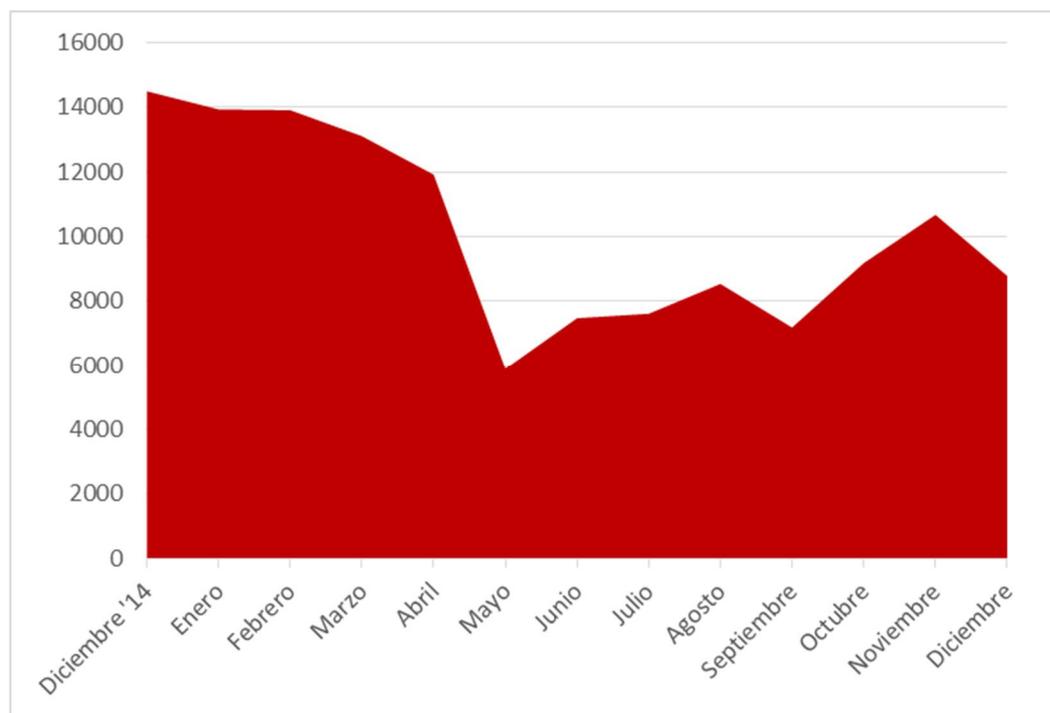


Ilustración 6.1.1: Visitas agrupadas por meses

	Di	En	Fe	Ma	Ab	Ma	Jn	Jl	Ag	Se	Oc	No	Di
<b>1</b>	610	884	190	0	720	135	239	208	223	230	286	210	190
<b>2</b>	575	526	640	576	623	182	249	422	0	209	362	181	361
<b>3</b>	499	351	510	254	151	0	207	210	329	398	188	169	366
<b>4</b>	555	0	737	468	565	184	380	163	370	246	172	217	255
<b>5</b>	456	253	742	545	0	236	385	0	313	217	458	347	152
<b>6</b>	446	208	582	332	806	284	386	226	416	0	118	258	250
<b>7</b>	0	572	416	188	214	195	0	130	436	565	169	169	540
<b>8</b>	610	632	0	0	966	453	403	170	201	253	183	147	457
<b>9</b>	575	468	413	308	801	152	333	222	0	127	244	199	265
<b>10</b>	499	320	470	246	201	0	202	282	225	395	271	429	532
<b>11</b>	491	349	712	600	444	195	329	215	200	164	175	396	292

<b>12</b>	531	426	740	755	113	115	226	0	390	189	227	531	113
<b>13</b>	406	460	330	466	240	132	157	208	904	0	297	681	0
<b>14</b>	0	535	268	404	328	164	0	319	528	293	170	491	198
<b>15</b>	479	612	0	0	446	288	223	269	168	139	346	0	138
<b>16</b>	311	253	692	302	798	184	489	235	0	261	214	365	423
<b>17</b>	528	205	267	519	236	0	202	250	363	266	178	314	268
<b>18</b>	505	0	541	713	259	131	229	197	342	514	251	441	100
<b>19</b>	182	459	910	<sup>1.068</sup>	469	422	224	0	308	433	425	475	73
<b>20</b>	442	488	989	411	441	283	220	332	358	72	265	238	162
<b>21</b>	0	785	424	359	525	175	0	539	315	312	173	323	443
<b>22</b>	650	774	0	344	221	215	402	224	276	443	557	281	183
<b>23</b>	711	600	629	534	362	132	333	188	0	122	365	450	607
<b>24</b>	488	462	573	463	131	0	262	314	382	490	198	831	280
<b>25</b>	343	0	585	823	241	319	271	365	192	220	0	607	255
<b>26</b>	587	243	812	825	291	235	239	0	329	146	312	626	189
<b>27</b>	585	323	456	460	226	170	221	252	257	0	379	486	51
<b>28</b>	546	839	282	153	289	582	0	264	229	177	402	282	688
<b>29</b>	701	990	0	214	287	107	153	481	239	154	533	0	477
<b>30</b>	704	369	0	440	524	234	515	293	0	156	479	531	283
<b>31</b>	481	549	0	336	0	0	0	639	246	0	786	0	196

*Tabla 6.1.3: Número de visitas agrupadas por mes y día*

La tabla 6.1.3 muestra un estudio estadístico del número total de visitantes por día. Debemos de tener en cuenta que el horario del museo es de 10:00 a 17:00 horas de lunes a viernes y de 10:00 a 14:00 horas los sábados. Generalmente, el domingo es día festivo y se representa en la tabla con un valor de cero visitas para la celda en cuestión. Hay que señalar que las visitas registradas en domingo corresponden a días de apertura excepcional del museo con motivo de alguna festividad especial o la llegada de cruceros. Podemos apreciar que la mejor fecha con respecto a la cantidad de visitas registradas fue el jueves 19 de marzo de 2015.

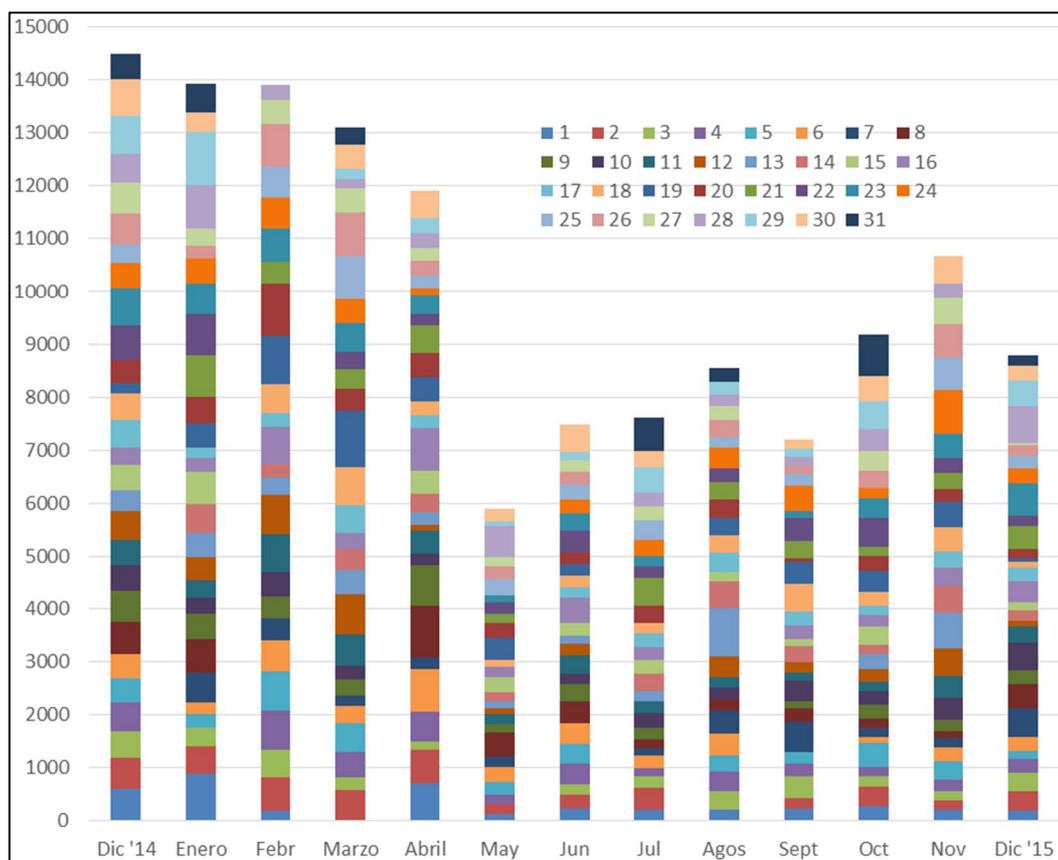


Ilustración 6.1.2: Visitas agrupadas por día

## 6.2 Estudio de nacionalidades

Los turistas que visitan el Museo de Historia de Arrecife vienen principalmente de España, Reino Unido y Alemania, siendo estos dos últimos los dos grandes pilares del turismo canario tal y como podemos apreciar en la tabla 6.2.1.

	Di	En	Fe	Ma	Ab	Ma	Jn	Jl	Ag	Sep	Oc	No	Di
<b>Alemania</b>	3.741	4.520	4.681	4.608	3.439	1.102	1.088	1.073	1.137	1.756	2.169	3225	2910
<b>R. Unido</b>	2.937	2.864	2781	2.716	2.194	1.133	1.746	1.373	1.380	1.692	2.195	2201	2046
<b>España</b>	3.980	2.469	2.045	2.071	2.184	1.863	2.436	2.960	3.800	2.009	2.297	1611	1544
<b>Francia</b>	684	690	967	827	878	547	386	543	535	284	516	412	380
<b>Italia</b>	485	549	408	336	476	318	481	401	686	334	433	776	291
<b>P.Bajos</b>	474	525	675	470	346	326	349	341	328	237	326	342	368

Polonia	293	334	338	202	141	90	144	135	85	178	172	183	173
Suecia	125	259	227	152	66	4	33	0	1	2	42	41	42
Irlanda	148	243	334	216	167	119	252	164	143	159	130	181	162
Dinamarca	113	171	168	141	106	0	16	13	13	4	61	57	41
Noruega	92	143	243	101	61	0	0	13	4	1	15	60	53
Suiza	67	142	106	77	121	33	44	90	23	67	81	131	104
Rusia	38	138	27	38	45	20	31	24	17	27	23	23	20
Bélgica	94	106	162	152	196	65	106	162	71	129	50	182	139
Austria	56	98	135	68	143	28	46	51	54	58	20	157	79
EEUU	103	91	45	34	102	26	22	14	10	10	19	112	12
Finlandia	96	51	100	76	31	1	3	0	0	0	12	62	92
R. Checa	15	29	51	24	59	14	31	19	21	8	6	18	18
Brasil	12	36	19	277	188	10	8	8	3	16	3	92	12

Tabla 6.2.1: Visitas agrupadas por meses y nacionalidades

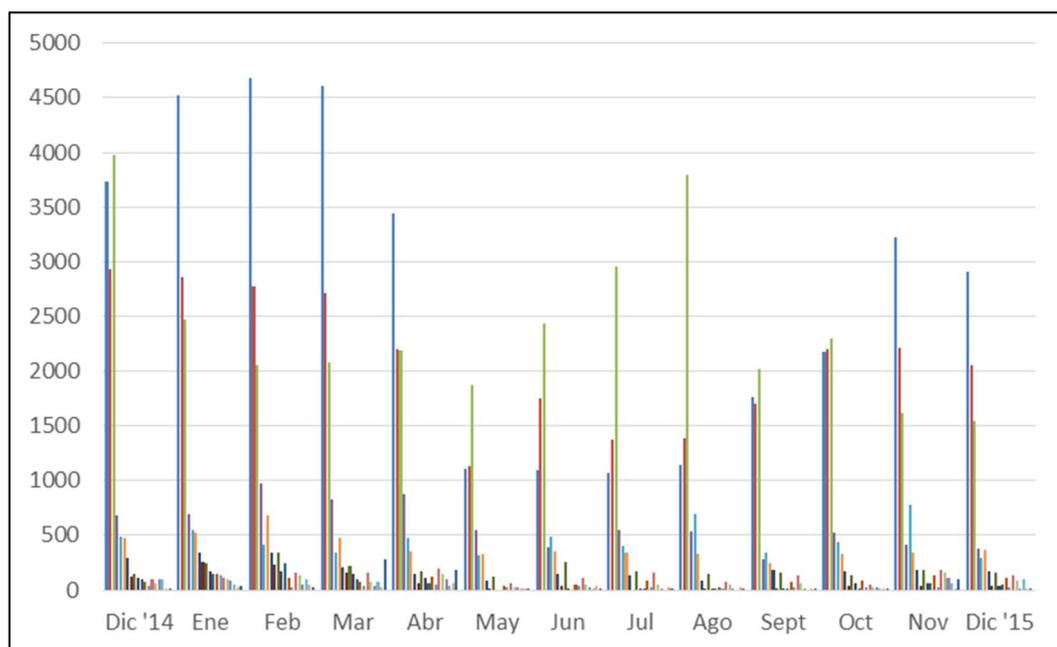
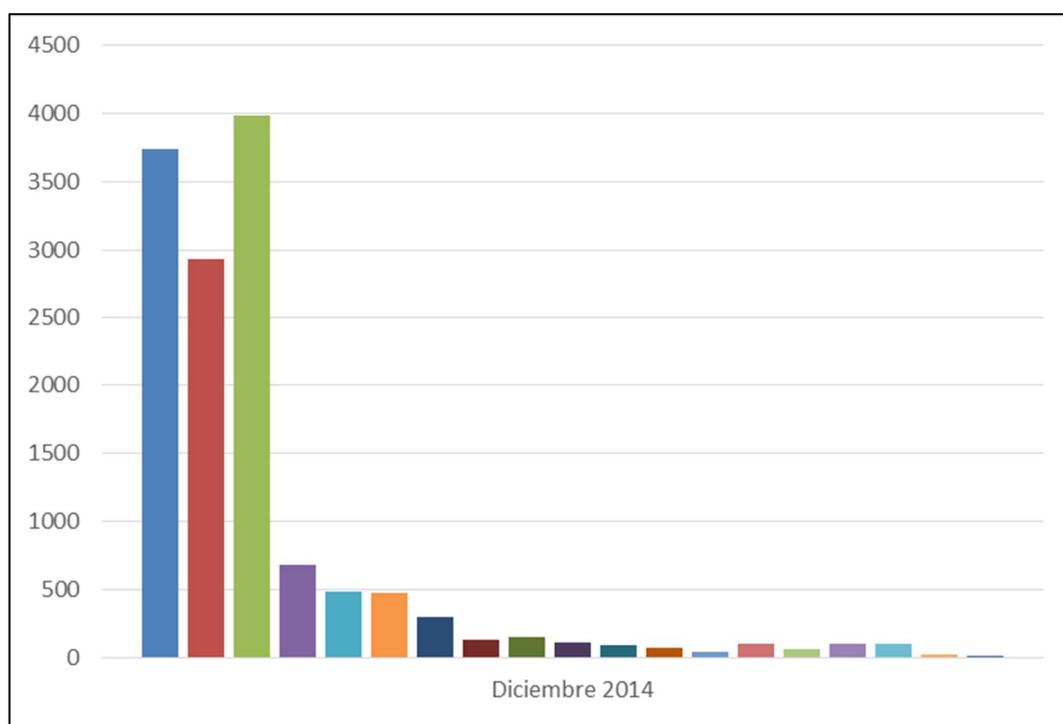


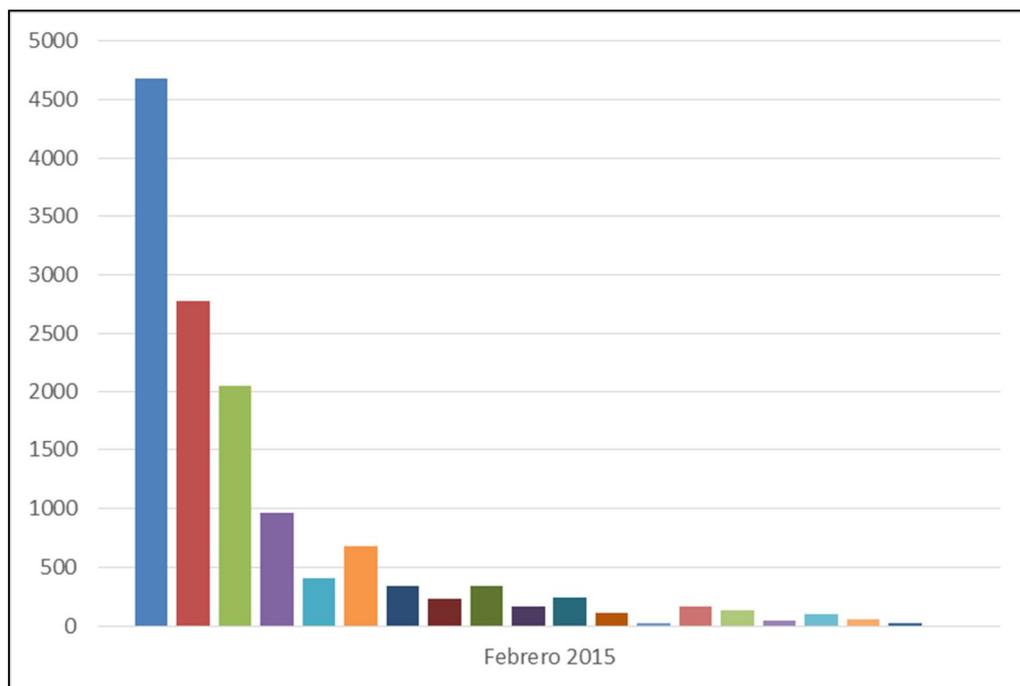
Ilustración 6.2.1: Visitantes agrupados por meses y nacionalidades

En la ilustración 6.2.1 se muestran en diferentes colores y por meses las nacionalidades del total de visitantes que accedieron al Museo de Historia de Arrecife durante un período de trece meses. Podemos apreciar como durante los meses de diciembre de 2014, enero, febrero, marzo y abril de 2015 se registra una mayor afluencia de turistas alemanes e ingleses con respecto a españoles (salvo en diciembre del 2014 por ser el mes de la inauguración). Esta tendencia se invierte a partir de mayo, donde disminuye también el número de visitas por parte de turistas procedentes de países nórdicos como Suecia, Finlandia, Noruega o Dinamarca y se prolonga hasta finales del año 2015, donde comienza de nuevo la temporada de cruceros.



*Ilustración 6.2.2: Visitantes agrupados por nacionalidades en diciembre de 2014*

Las ilustraciones 6.2.2 y 6.2.3 hacen referencia al total de visitantes agrupados por nacionalidades (diferentes colores) que accedieron al Museo de Historia de Arrecife en los meses de diciembre de 2014 y febrero de 2015 respectivamente.



*Ilustración 6.2.3: Visitantes agrupados por nacionalidades en febrero de 2015*



*Ilustración 6.2.4: Representación de países por colores (leyenda)*

## 7. Conclusiones

En la actualidad, es extremadamente complejo llevar a cabo la gestión de cualquier elemento del Patrimonio Cultural sin el respaldo de una aplicación informática. En ese sentido, la propuesta que hacemos para gestionar grandes cantidades de datos procedentes del funcionamiento diario de un centro museístico, constituye una solución viable para reducir el tiempo de respuesta y la dificultad inherente al problema planteado. El enfoque que hemos propuesto para el desarrollo de la aplicación ha tratado de ser innovador, intentando abrir una nueva línea de trabajo en el ámbito de la gestión patrimonial.

El Archipiélago Canario es una de regiones de nuestro país que más depende económicamente del sector terciario, y especialmente del turismo, cuya contribución al PIB de este sector es de aproximadamente el 80%. Por otra parte, en relación a las nacionalidades de los turistas que visitan en concreto la isla de Lanzarote, donde se ubica el Museo de Historia de Arrecife, se puede señalar que británicos, alemanes e irlandeses, por este orden, son los que más se mantienen fieles al destino. Según el Instituto Canario de Estadística (ISTAC) [9], durante el año 2015, la isla de Lanzarote recibió un total de 2.640.862 turistas, de entre los cuales destacan las nacionalidades que se detallan en la tabla 7.1.

País	Visitantes
Reino Unido	1.159.846
Alemania	463.046
España	261.655
Irlanda	222.009
Francia	140.013
Países Bajos	79.274
Otros	315.019

*Tabla 7.1: Entrada de turistas a Lanzarote en el año 2015 según país de residencia.*

Durante el año 2015, el Museo de Historia de Arrecife recibió un total de 118.224 turistas, de los cuales destacan las nacionalidades que se detallan en la tabla 7.2.

País	Visitantes
Alemania	35448

<b>España</b>	31270
<b>Reino Unido</b>	27258
<b>Francia</b>	7649
<b>Italia</b>	5974
<b>Países Bajos</b>	5107
<b>Irlanda</b>	2418
<b>Polonia</b>	2468
<b>Bélgica</b>	1614
<b>Suecia</b>	994
<b>Suiza</b>	1086
<b>Austria</b>	993
<b>Dinamarca</b>	904
<b>Noruega</b>	786
<b>Otros</b>	8772

*Tabla 7.2: Visitas al MHA agrupadas por nacionalidades*

Los datos recogidos en la tabla 7.2 proporcionan una información muy valiosa, permitiendo tomar la decisión de implantar una aplicación multilingüe para la gestión de códigos QR, en la que los visitantes puedan consultar los contenidos del Museo de Historia de Arrecife en su propio idioma. De tal manera que, como se puede observar en la ilustración 7.1, los visitantes procedentes de Alemania, España, Reino Unido, Francia, Italia y Países Bajos, constituyen el 84% de las visitas totales del Museo de Historia de Arrecife. Además, se puede apreciar también el empuje de nuevos mercados, tales como el polaco y el belga.

En definitiva, se puede afirmar que los turistas procedentes del Reino Unido son los que más viajan a la isla de Lanzarote; sin embargo, son los alemanes los que muestran un mayor interés por las instalaciones museísticas, tal y como se puede ver reflejado en las tablas 7.1 y 7.2. En base a los idiomas de los visitantes cuya afluencia es mayoritaria, hemos determinado que la aplicación multilingüe incorpore los idiomas alemán, español, inglés, francés e italiano.

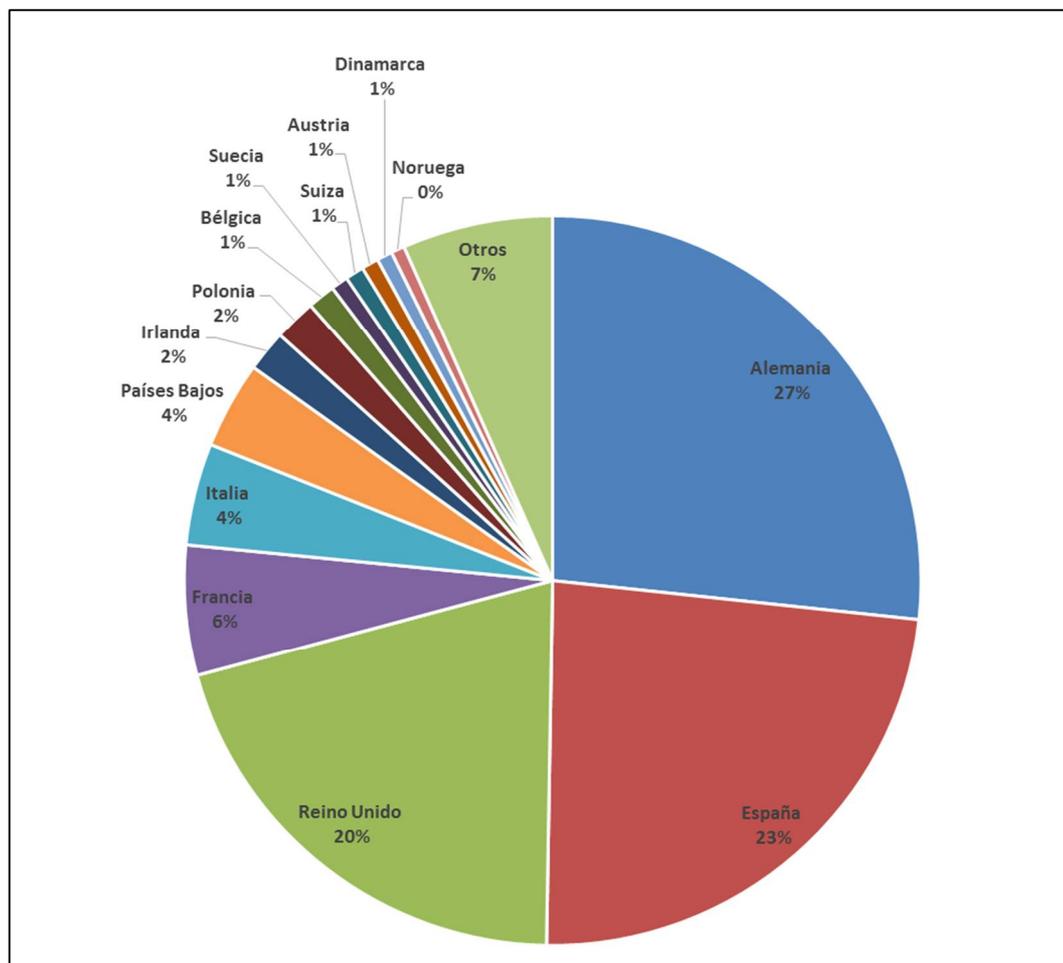


Ilustración 7.1: Porcentajes totales de visitas agrupadas por diferentes nacionalidades

Los resultados obtenidos nos permiten afirmar que durante el período comprendido entre el 1 de diciembre de 2014 hasta el 31 de diciembre de 2015 se han registrado un total de 118.224 visitantes. A través de la página web del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes [11]<sup>2</sup> podemos consultar las cifras correspondientes a otros Museos Estatales, tal y como se puede observar en la tabla 7.3. Su comparación con el MHA pone de manifiesto el alto porcentaje de visitantes anuales que ha recibido el Castillo de San Gabriel durante el primer año de su transformación en Museo de Historia.

Orden	Museos	Visitantes
1	Museo Arqueológico Nacional	516.318
2	Museo Sefardí	259.829
3	Museo de Altamira	255.679

<sup>2</sup> Desconocemos cual es la razón por la que la fuente consultada no incorpora los datos procedentes de algunos museos de referencia nacionales (Museo Nacional del Prado, Museo Reina Sofia, ...)

4	Museo del Greco	224.351
5	Museo Nacional de Arte Romano	188.839
6	Museo Sorolla	173.773
7	Museo Nacional de Escultura	139.606
8	Museo Nacional de Cerámica	136.016
9	<b>Museo de Historia de Arrecife</b>	<b>118.224</b>
10	Museo Cerralbo	94.983
11	Museo Nacional de Arqueología Subacuática	93.272
12	Museo del Traje	73.217
13	Museo Nacional del Romanticismo	71.576
14	Museo de América	64.733
15	Museo Nacional de Antropología	57.042
16	Museo Nacional de Artes Decorativas	30.609
17	Museo Casa de Cervantes	14.846

*Tabla 7.3: Posición del MHA en relación con los Museos Estatales en el año 2015*

Como hemos señalado anteriormente, el número de visitas del MHA se ve altamente influido por la constante llegada de cruceros al Puerto de Arrecife. A través de la página web de la Consejería de Turismo del Gobierno de Canarias [4] podemos visualizar los datos de visitantes a nivel insular y, más concretamente, la información asociada a los cruceros que recalán en la isla de Lanzarote.

2014/15	Crucelistas	Visitantes MHA
Diciembre '14	64.138	14.496
Enero '15	47.716	13.935
Febrero '15	39.444	13.910
Marzo '15	46.523	13.106
Abril '15	42.477	11.918
Mayo '15	6.809	5.904
Junio '15	7.037	7.479
Julio '15	3.347	7.617
Agosto '15	8.593	8.539
Septiembre '15	13.434	7.191
Octubre '15	36.796	9.183
Noviembre '15	59.715	10675
Diciembre '15	51.800	8787
<b>Total</b>	<b>386.409</b>	<b>132.740</b>

Tabla 7.4: Visitas agrupadas por meses

2015	Crucevistas	Visitantes MHA
<b>Total</b>	322.271	118.244

Tabla 7.5: Relación entre crucevistas y visitantes en el año 2015

La información de crucevistas de la tabla 7.4 ha sido obtenida a través de la Autoridad Portuaria de Las Palmas [2]; en ella se recopila el número de pasajeros que llegaron al Puerto de Arrecife hasta el mes de diciembre de 2015 incluido. Destaca la relación existente entre el número de crucevistas y el número de visitantes del Museo de Historia de Arrecife, correlacionándose tanto el incremento como el descenso de los primeros con el de los segundos (Ilustración 7.2).

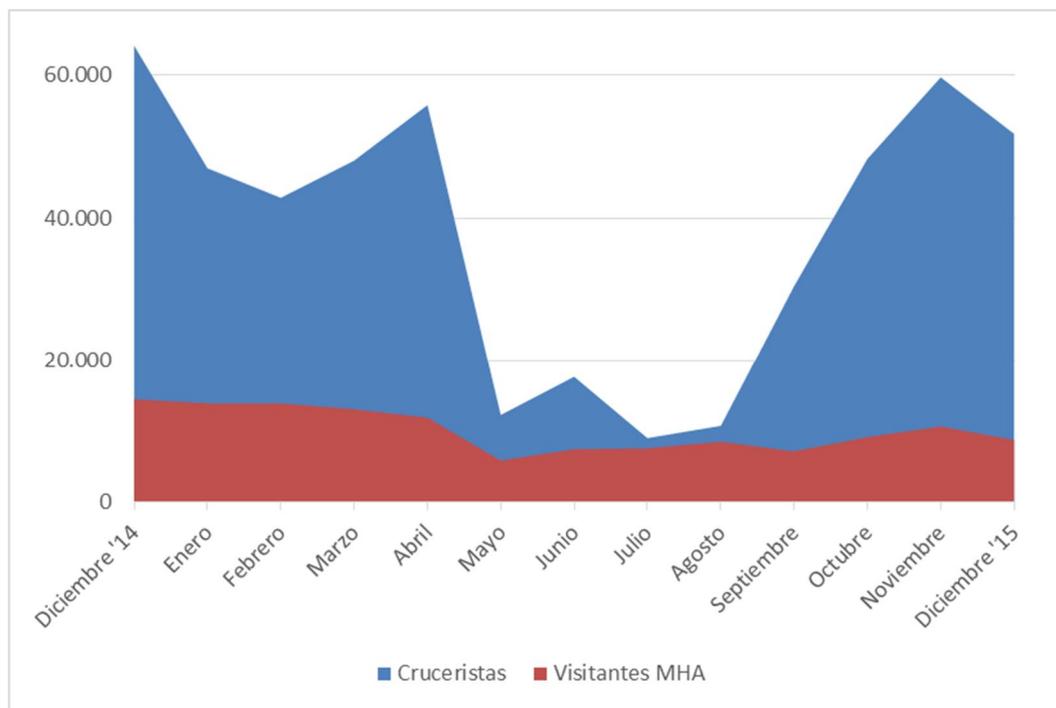


Ilustración 7.2: Relación entre crucevistas y visitantes del MHA por meses

Este Trabajo de Fin de Máster ha supuesto una excelente oportunidad para profundizar y fortalecer muchos de los conocimientos adquiridos durante nuestra formación universitaria. Ha resultado ser especialmente útil para estudiar las últimas tecnologías y tendencias que se están siguiendo en el desarrollo de sistemas basados en web, ya que hemos tenido que entrelazar conocimientos adquiridos con el aprendizaje de

aplicaciones y herramientas desconocidas. Estas nuevas aptitudes pueden ser muy útiles para el desarrollo de futuros proyectos académicos y personales.

## 8. Perspectivas de futuro

Debido a la amplitud de cuestiones que aborda nuestro trabajo y a las numerosas posibilidades para interrelacionar datos de muy diversa procedencia, además de los importantes conocimientos que proporciona, consideramos posible proponer algunas líneas de trabajo futuro que pueden extender las funcionalidades de nuestras aplicaciones. Sin querer ser excesivamente exhaustivos, consideramos que algunas de las posibilidades a corto plazo podrían ser las siguientes:

- **Extender la aplicación anterior para generar tickets y vender suvenires:** se podría ampliar el software para que no se limite únicamente a registrar los visitantes, sus nacionalidades y cobrar las entradas, sino también para que sea posible generar los tickets y vender los suvenires.
- **Estudio estadístico del uso de los códigos QR:** se podría utilizar el registro del servidor web Apache para hacer un estudio a través de los códigos QR de los elementos informativos más leídos y en qué idiomas.
- **Aplicación MHA para dispositivos móviles:** se podría crear una aplicación ligera del Museo de Historia de Arrecife que pueda ser descargada del repositorio Google Play o App Store.
- **Mejora de la interfaz de usuario:** aunque se ha invertido mucho esfuerzo en el diseño de la interfaz, se podría actualizar en nuevas versiones para mejorar la experiencia del usuario.
- **Mejora del código:** el código fuente de un sistema software nunca está libre de errores y por tanto, siempre sería mejorable.

Evidentemente, a largo plazo son muchas más las posibles funcionalidades que podríamos incluir en el sistema de información que hemos propuesto a lo largo de este trabajo de fin de máster.



## 9. Referencias

- [1] Atoche, P. <http://www.personales.ulpgc.es/patoche.dch>, Julio 2017.
- [2] Autoridad Portuaria de Las Palmas. <http://www.palmasport.es/>, Julio 2017.
- [3] Códigos QR. <http://www.codigos-qr.com/>, Mayo 2015.
- [4] Consejería de Turismo del Gobierno de Canarias, <http://www.gobiernodecanarias.org/turismo/>, Julio 2017
- [5] Desarrollo web. <http://www.desarrolloweb.com/>, Junio 2015.
- [6] Dr. Discovery. <http://www.askdrdiscovery.org>, Julio 2017.
- [7] Hall T., Bannon L., 2006. Designing ubiquitous computing to enhance children's learning in museums. Journal of Computer Assisted Learning, Vol: 22, Page: 231-243, Blackwell Publishing.
- [8] Huang Y., Chuang W., 2004. Improving the museum's service by data mining and location-aware approach. Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference on, Volume: 3
- [9] Instituto Canario de Estadística (ISTAC). <http://www.gobiernodecanarias.org/istac/>, Julio 2017.
- [10] Libre Office. <https://es.libreoffice.org/>, Julio 2017.
- [11] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. <https://www.mecd.gob.es/portada-mecd/>, Julio 2017.
- [12] Pentaho BI. <http://www.stratebi.com/>, Junio 2016.
- [13] PRESSMAN, R. 2005. *Ingeniería del software: un enfoque práctico*. McGraw-Hill.
- [14] Proyectos ágiles. <http://www.proyectosagiles.org/>, Julio 2015.
- [15] RUMBAUGH, J., BOOCH, G. y JACOBSON, I., 1999. *El Lenguaje Unificado de Modelado: Manual de Referencia*. Addison Wesley.
- [16] TANENBAUM, A. S., 2003. *Redes de computadores*. Cuarta edición. Prentice Hall.
- [17] Versichele, M. et alii, 2014. Pattern mining in tourist attraction visits through association rule learning on Bluetooth tracking data: a case study of Ghent, Belgium. TOURISM MANAGEMENT. 44. p.67-81.
- [18] Wikipedia. <http://www.wikipedia.org>, Julio 2017.
- [19] W3Schools. <http://www.w3schools.com>, Junio 2015.
- [20] XAMPP. <https://www.apachefriends.org/es/index.html>, Junio 2015.