

# Solución Automatizada para la Gestión y Control de Asistencia Mediante el Uso de Tecnología Bluetooth con Dispositivos Móviles

Reynaldo Reyes, Miguel A. Astor y Ana Morales Bezeira  
 Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias  
 Escuela de Computación, Centro CICORE, Laboratorio ICARO  
 Valle Abajo, Caracas, 1043. Venezuela  
 Email: {reynaldo.reyes, miguel.astor, ana.morales}@ciens.ucv.ve

María Elena Villapol  
 Auckland University of Technology  
 School of Computer and Mathematical Sciences  
 Auckland, New Zealand  
 Email: mariaelena.villapol@gmail.com

**Resumen**—El control de asistencia de los estudiantes al aula de clase es un requisito obligatorio en la Universidad Central de Venezuela. Actualmente, no se cuenta con mecanismos sistematizados que faciliten esta actividad, por ello los Profesores recurren al método manual para llevar este control de asistencia, ello, acarrea consigo un conjunto de inconvenientes, tales como la probabilidad de error en la transcripción y posibles olvidos en la toma de asistencia. Este trabajo presenta el desarrollo de una solución automatizada que permite efectuar el chequeo de asistencias, mediante una aplicación desarrollada para dispositivos móviles con Sistema Operativo Android, apoyándose en la interfaz Bluetooth de los dispositivos, para realizar la captura de la asistencia. La Solución esta compuesta de dos aplicativos, un Sistema móvil y un Sistema Web. El Sistema Web permite la gestión de las asistencias registradas. Se desarrolló un módulo de sincronización para transferir los datos capturados desde el dispositivo móvil del profesor hacia el Sistema de Gestión Web, facilitando a los profesores gestionar, contabilizar y generar reportes sobre las asistencias registradas. Fue utilizada la metodología de desarrollo orientada a prototipos. Las tecnologías involucradas en el desarrollo fueron: Android Studio v1.5, Node.js v5.3, Express.js v4.13, AngularJS v1.44, MongoDB v3.2. Los aplicativos desarrollados, fueron probados y evaluados por profesores de la Escuela de Computación de la Facultad de Ciencias, a través de encuestas utilizando las heurísticas de Nielsen, aplicadas tres veces de forma iterativa, obteniéndose resultados satisfactorios.

**Palabras clave**—Control de Asistencia, Android, Bluetooth, Metodología basada en Prototipos, Heurística de Nielsen satisfactorios

## I. INTRODUCCIÓN

El control de asistencia es una actividad que trata de la gestión de la presencia de usuarios en un área y tiempo determinados. Los controles de asistencia tienen mucha aplicación en entornos laborales, centros de formación, entre otros [1]. Estos sistemas tienen un registro de asistentes, los cuales están asociados a un horario y un lugar específico. El control de asistencia de los estudiantes es un requisito obligatorio contemplado en el reglamento de asistencia de la Universidad Central de Venezuela (UCV), el cual en su artículo 2 [2] establece que el profesor debe de manera obligatoria comprobar la asistencia de los estudiantes a cada clase. Igualmente, el artículo 11 [2] establece que al menos

una vez trimestralmente, los profesores deben calcular las inasistencias que cada estudiante posee, y de haber alcanzado el 25% o más de inasistencias con respecto al total de clases previstas para el período lectivo en curso, reprobado de manera automática la asignatura a los estudiantes en cuestión. Hasta el momento dicho control es realizado de forma manual por cada profesor, usualmente utilizando papel y bolígrafo, y en algunos casos no se realiza ningún control.

Llevar el control de asistencia de forma manual acarrea consigo ciertos inconvenientes, tales como la posibilidad de error en la transcripción, posibles olvidos en la toma de asistencia, la posibilidad de que un estudiante firme la asistencia por algún compañero que realmente no ha asistido al salón de clase (una forma de fraude), entre otros posibles problemas. Dada la alta penetración de la tecnología *Bluetooth* [3] en el mercado, con una proyección de alrededor de unos cuatro mil millones de dispositivos habilitados para usar esta tecnología disponibles al público en el año 2016 [4], y el auge de los teléfonos inteligentes en los últimos años, se puede concebir utilizar estas tecnologías para desarrollar un sistema que permita el chequeo de asistencia dentro de las aulas de clase de la Universidad Central de Venezuela, sirviendo como herramienta de apoyo a las actividades de gestión de asistencia que debe llevar a cabo cada profesor por cada asignatura que dicta, utilizando el dispositivo móvil del cual éste disponga.

*Bluetooth* es una tecnología que permite la comunicación entre dispositivos a corto alcance [3]. Una de las funcionalidades de *Bluetooth* es el escaneo de dispositivos que se encuentran en la cercanía, con la finalidad de establecer una posible conexión en el futuro. A través de dicho escaneo, un dispositivo obtiene información, tal como la dirección MAC (*Medium Access Control* - Control de Acceso al medio) de los otros dispositivos a su alcance. Esta funcionalidad ha sido explotada en los últimos años y aprovechada en diversas aplicaciones de la tecnología, tales como las descritas en [5] y [6]. La ventaja de usar el escaneo *Bluetooth* es que no requiere de ninguna configuración adicional en los dispositivos, una vez que se activa este tipo de conexión.

Hoy en día *Bluetooth* viene integrado en la mayoría de *Smartphones* y otros dispositivos móviles, y puede ser incorporado en laptops y PCs a través del uso de *dongles* de

bajo costo. Por lo antes dicho, en este trabajo se presenta una solución alternativa para el registro y gestión de la asistencia de los estudiantes de la UCV, que explota el uso del escaneo *Bluetooth* mediante el uso de una aplicación para el sistema operativo Android, la cual se sincroniza con un aplicativo que ejecuta un servidor para el control de asistencias. Dicha solución, se caracteriza por requerir una mínima intervención del estudiante al momento de registrar su presencia en la clase. Se realizaron pruebas funcionales de ambas aplicaciones, y también se aplicaron pruebas de usabilidad a un conjunto de profesores de la UCV, obteniéndose resultados satisfactorios.

El resto del artículo está organizado en las siguientes secciones. La Sección II, describe una serie de herramientas comerciales relacionadas con el control de asistencia, destacando sus características y carencias con respecto al control de asistencia en aulas de clase. La Sección III, muestra el modelo de desarrollo aplicado, junto a las herramientas de software utilizadas. La Sección IV, describe primero el diseño arquitectónico de la solución desarrollada, seguida de una descripción detallada de los distintos módulos de la misma. La Sección V, las pruebas funcionales y de usabilidad aplicadas a la solución y los resultados obtenidos. Finalmente la Sección VI, presenta las conclusiones de este desarrollo y propone posibles trabajos futuros.

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

En la actualidad, se puede identificar un uso extenso de múltiples tecnologías para poder llevar a cabo el control de asistencia y la identificación personal de usuarios. Entre estas tecnologías se pueden identificar el uso de dispositivos biométricos (aquellos que identifican a los usuarios por características fisiológicas, como patrones de huellas dactilares o de retina) [1], [7], [8], o el uso de dispositivos basados en redes inalámbricas, como RFID (*Radio Frequency Identification* - Identificación por Radio Frecuencia) [9] o NFC (*Near Field Communication* - Comunicación de Campo Cercano) [10].

Por otra parte el gran auge, penetración y amplio crecimiento del mercado de los dispositivos móviles ha catapultado el mercado de desarrollo de aplicaciones móviles para tales dispositivos, especialmente el desarrollo de aplicaciones para dispositivos con Sistema Operativo Android, sistema operativo que ha tenido un auge fuerte en los mercados de países en vías de desarrollo [11].

En este sentido, y en el contexto de las aplicaciones para control de asistencia desarrolladas para dispositivos Android se pueden citar múltiples ejemplos, como las aplicaciones *Attendance* de André Restivo [12], la homónima *Attendance* del Grupo de Desarrolladores A4 [13], *Attendance Taker* de Ferid Cafer [14] y *Control de Audiencia* de Peterman Apps [15], las cuales funcionan para llevar el control de asistencia de participantes para cualquier tipo de eventos de forma genérica. Todas estas aplicaciones comparten una serie de funciones comunes, como lo son el poder definir eventos para rastrear la asistencia, importar listas de participantes a través de hojas de cálculo, la sincronización de los datos recogidos con hojas de cálculo en distintos formatos, como por ejemplo a través del servicio Google Drive, entre otras. Así mismo, todas estas aplicaciones se caracterizan por realizar el marcado de la asistencia de forma manual, siendo el usuario de la

aplicación el encargado de marcar de alguna manera (según las peculiaridades de interfaz de cada aplicación) la asistencia de cada participante uno a uno.

De igual manera, se identifican aplicaciones de control de asistencia disponibles para funcionar en dispositivos móviles con el sistema operativo Android orientadas al entorno educativo en múltiples niveles, que van desde la educación primaria hasta la educación superior. Algunas de estas aplicaciones son *MyClass Attendance* de Goranka Medhi [16], *Smart Attendance* del grupo Alienart [17], *Asistencia* del grupo Android For Academics [18] o *Pasando Lista* de Eduardo Megías [19]. Las características de estas aplicaciones son similares a las listadas anteriormente. Sin embargo, algunas de estas aplicaciones para el sector educativo poseen funcionalidades adicionales centradas en la planificación de horarios de clase y recordatorios. Una característica común a casi todas las aplicaciones descritas es que estas suelen presentar alguna forma de publicidad, la cual puede ser más o menos invasiva dependiendo de cada aplicación.

La inversión en hardware para la implementación de soluciones que se apoyen en tecnologías como etiquetas RFID o sistemas biométricos es considerablemente alta, y la realidad actual de la UCV, en la cual la inversión en general es extremadamente limitada dados los ajustados presupuestos con los que se cuenta hoy en día, obliga a implementar soluciones de bajo costo las cuales puedan ser desplegadas con una cantidad mínima de hardware y/o inversión. De igual forma, el uso de dispositivos con soporte de tecnologías NFC no está lo suficientemente difundido en el país, razón por la cual se hace poco razonable esperar o exigir a los estudiantes de la UCV que porten con sígo dispositivos NFC para poder asistir a clases.

En comparación con los trabajos listados anteriormente, la solución desarrollada en este trabajo permite el registro de la asistencia en forma automática, con mínima intervención del estudiante, siendo posible además el registrar estas asistencias en un servidor centralizado, el cual a su vez es capaz de mantener historiales de asistencia, así como también la generación de reportes detallados.

## III. MARCO METODOLÓGICO Y TECNOLÓGICO

En esta sección se describe la metodología utilizada para guiar el desarrollo de la solución, así como también se describen las herramientas de software elegidas para llevar a cabo dicho proceso de diseño e implementación.

### III-A. Metodología de Desarrollo

Para estructurar, planear y controlar el proceso de desarrollo de los aplicativos fue utilizada una metodología orientada a prototipos [20]. Esta metodología está conformada por cinco (5) etapas, de las cuales tres (3) de ellas son iterativas. El flujo de trabajo de esta metodología puede observarse en la Figura 1. A efectos de este trabajo, los usuarios finales de la aplicación son los profesores de la Universidad Central de Venezuela. Por lo tanto, una vez hecha la determinación de objetivos y el desarrollo inicial de los aplicativos, se hizo una demostración a un conjunto de profesores de la UCV, de manera de realizar una ronda de pruebas de usabilidad

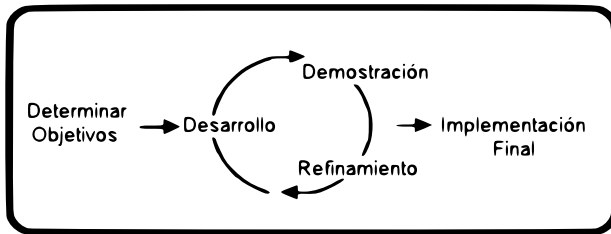


Figura 1: Metodología orientada a prototipos

sobre la solución desarrollada cuyos resultados se muestran en la Sección V. Luego de cuatro (4) iteraciones se alcanzó la versión actual de las aplicaciones, las cuales se describen en detalle en la Sección IV.

### III-B. Herramientas Utilizadas

Un conjunto de programas, bibliotecas y entornos de desarrollo fueron integrados y utilizados tanto para la programación de la solución como para sus pruebas. A continuación se muestran las principales herramientas utilizadas:

- **Node.js** entorno de desarrollo utilizado para la implementación del servidor de control de asistencia.
- **Express.js** *middleware* utilizado para desarrollar la conexión entre el servidor y la vista de la aplicación Web.
- **AngularJS** *framework* de JavaScript utilizado para el desarrollo del *front-end* de la aplicación Web.
- **MongoDB** manejador de base de datos no relacional utilizado para almacenar los datos recabados por los profesores en el servidor de control de asistencia.
- **Android Froyo (v2.2)** Plataforma base para el desarrollo de la aplicación móvil utilizada por el profesor para recolectar la información de asistencia.

## IV. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

En esta Sección se presenta una descripción de la solución desarrollada, iniciando por el resultado de la fase de determinación de los objetivos. Posteriormente, se muestra el flujo de procesos de negocio y los casos de uso derivados de los requerimientos capturados, los cuales son a su vez utilizados para introducir el diseño arquitectónico de la solución. Finalmente se realiza una descripción de los distintos módulos de la misma.

### IV-A. Captura de Requerimientos

En esta fase se procedió a realizar la captura de requerimientos, con el objeto de determinar los objetivos a cumplir con el desarrollo de la solución, tal como lo indica la primera fase de la metodología empleada y presentada en la Sección III. A continuación se presentan los requerimientos funcionales y no funcionales determinados durante esta etapa del desarrollo. Estos objetivos fueron determinados para los dos aplicativos que componen la solución desarrollada, siendo el primero de estos un servidor de control de asistencia

controlado mediante una interfaz Web, y el segundo una aplicación para dispositivos móviles basados en el sistema operativo Android.

#### 1) Requerimientos Funcionales de la Aplicación Web:

- La aplicación Web contará con un módulo para el manejo de asignaturas, lo cual le permitirá a los usuarios profesores crear y cargar los datos referentes a las distintas asignaturas.
- Así mismo, el sistema Web contará con un módulo que permita crear y cargar secciones de asignaturas de forma automatizada, utilizando un archivo XLS con la matrícula del semestre, según el formato proporcionado por la División de Control de Estudios de la Facultad de Ciencias de la UCV.
- El aplicativo Web también permitirá al profesor manejar la información de los alumnos que estén inscritos en cada sección que dicte.
- El servidor de control de asistencia recibirá los datos de la clase enviados por la aplicación móvil a través de Internet, y los almacenará en una base de datos.
- La aplicación Web contará con un módulo de reportes el cual permitirá al usuario profesor ver estadísticas de asistencia por asignaturas, secciones o alumnos.
- La aplicación web contará con un módulo de autenticación lo que permitirá el filtrado de las funcionalidades por roles de usuario y credenciales.
- La aplicación Web contará con un módulo de administración que permitirá la creación de credenciales de acceso para los profesores.

#### 2) Requerimientos Funcionales de la Aplicación Móvil:

- La aplicación móvil contará con la capacidad de escanear los dispositivos de los estudiantes presentes en un aula de clase.
- La aplicación móvil deberá poder sincronizar los escaneos realizados con el servidor de control de asistencia.
- Deberá ser posible para los profesores el poder marcar manualmente la asistencia de un estudiante, independientemente de los resultados del escaneo *Bluetooth*.
- La aplicación móvil deberá autenticar al usuario profesor con el servidor de control de asistencia para poder realizar la sincronización de datos.

#### 3) Requerimientos no Funcionales:

- El dispositivo donde se correrá la aplicación móvil debe contar con el sistema operativo Android. La versión mínima de Android necesaria para el despliegue de la aplicación es la 2.2 Froyo.
- El dispositivo donde se desplegara la aplicación móvil debe contar con capacidades de comunicación *Bluetooth* 2.1 como mínimo.

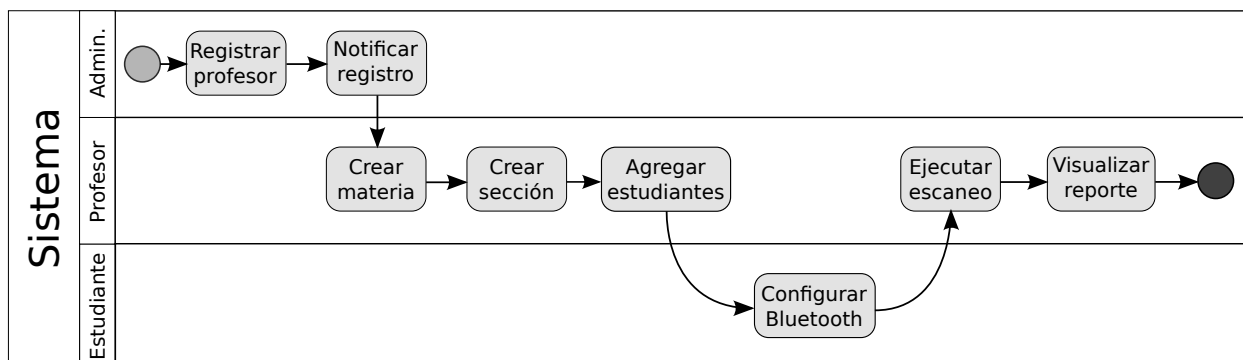


Figura 2: Modelo de proceso de negocios de la solución

#### IV-B. Modelo de Negocios

En base a los requerimientos listados anteriormente, se propuso el flujo de procesos de negocios visible en la Figura 2 para la aplicación. En dicho flujo se pueden identificar tres actores (administrador, profesor y estudiante), determinados a partir de los requerimientos.

Como se puede observar en la Figura 2, la responsabilidad del administrador del sistema es de registrar a los usuarios profesores en la aplicación Web, los cuales reciben una notificación automática del servidor cuando se ha completado este proceso de registro. Por su parte, el profesor tiene la responsabilidad de crear sitios para las asignaturas que dicta, pudiendo configurar los horarios y fechas de clases, así como las secciones y los listados de estudiantes a los que enseña. En la versión actual de la solución, estos listados pueden ser editados manualmente registro por registro, o pueden ser cargados a partir de archivos generados por el Sistema de la División de Control de Estudios de la Facultad de Ciencias de la UCV CONEST, el cual se encuentra en formato XLS.

La única responsabilidad del estudiante con respecto a la solución, consiste en la configuración del dispositivo *Bluetooth* que quiera utilizar para marcar su asistencia, el cual debe ser configurado de forma que el nombre que difunde al momento de realizar un emparejamiento *Bluetooth* corresponda con la cédula de identidad del estudiante, la cual el profesor debe haber cargado previamente en el servidor de control de asistencia y sincronizado con la aplicación móvil instalada en su dispositivo basado en el sistema operativo Android. Este paso es necesario para que la solución pueda asociar la dirección MAC de cada dispositivo *Bluetooth* con el estudiante correspondiente.

Una vez los estudiantes han realizado la configuración de sus dispositivos, el profesor puede realizar uno o más escaneos *Bluetooth*, mediante los cuales se captura la dirección MAC de los dispositivos presentes en el salón de clase. Posteriormente, el profesor debe cargar los datos obtenidos al servidor de control de asistencia para su gestión y visualización.

#### IV-C. Arquitectura de la solución

Para cumplir con el flujo de procesos de negocios y los casos de uso descritos en la Sección IV-B, se diseñó la arquitectura de la Figura 3. En ella se plantea la utilización

de un dispositivo móvil con sistema operativo Android (dispositivo del lado del profesor), necesario para el intercambio de información de asistencia con identificación única con los dispositivos de los estudiantes. Es requerido que tales dispositivos móviles posean capacidades de comunicación vía *Bluetooth*. Sin embargo, fuera de esta restricción estos dispositivos pueden ser de cualquier naturaleza, desde teléfonos celulares clásicos hasta computadoras *laptop*, entre otros. No es necesario que los estudiantes posean dispositivos inteligentes para poder realizar la captura de datos de asistencia.

Así mismo, se plantea que el dispositivo móvil que utilice el profesor en el salón de clase posea capacidades de comunicación *Bluetooth*, así como también la posibilidad de conectarse a redes TCP/IP o a Internet, dado que la aplicación desarrollada recibirá información de asistencia a través de la interfaz *Bluetooth* y posteriormente sincronizará el control de asistencia de cada clase con el servidor Web de asistencia a través de Internet. Esta sincronización no tiene que ser realizada inmediatamente después de la captura de asistencias, pudiendo delegarse hasta que el dispositivo del profesor se conecte de forma estable y confiable a Internet, tal vez con una interfaz WiFi, 3G ó 4G.

El servidor de control de asistencia permite al profesor el llevar a cabo las siguientes actividades de gestión: administrar las asignaturas, secciones y gestionar información de los alumnos por período lectivo a través de una interfaz Web. Así mismo, la aplicación Web proporciona un módulo de reportes que permite ver los porcentajes de asistencia de los chequeos realizados con la aplicación móvil, con lo cual cada profesor puede determinar si los estudiantes cumplen o no con los requisitos indicados en el reglamento de asistencia de la UCV. Esta información es importante para que los profesores puedan determinar de forma fácil, rápida y segura si algún estudiante debe reprobará o no una asignatura por inasistencia, o si el estudiante cumple o no con el reglamento de asistencia para alcanzar la condición que le autorice la presentación del examen final de la asignatura de ser necesario.

#### IV-D. Aplicación Web

La aplicación Web es un subsistema compuesto por cuatro módulos.

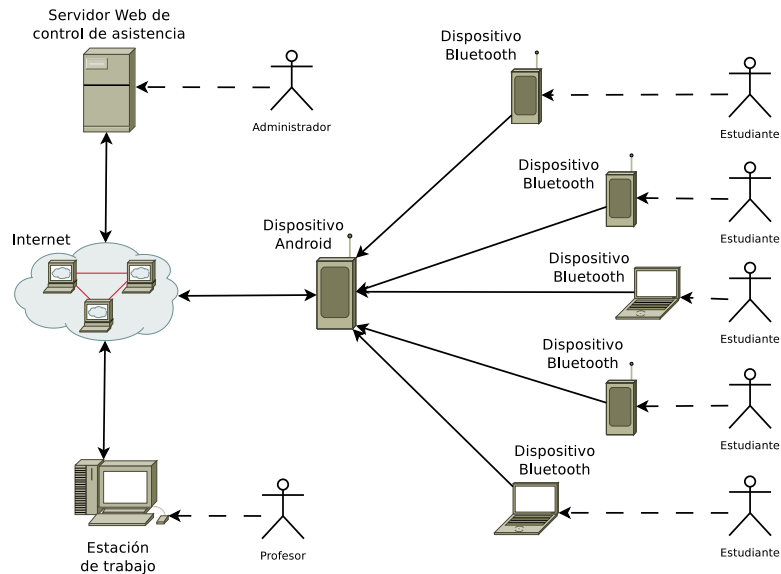


Figura 3: Arquitectura de la solución

1) *Módulo de Administración de Profesores:* este módulo solo puede ser utilizado por el usuario designado como administrador de la solución. El mismo permite al administrador agregar o eliminar a usuarios profesores del sistema, así como modificar sus datos. En la Figura 4, es posible observar una de las vistas de éste módulo. La presente versión de la solución, sólo permite la adición de los profesores de forma manual. Sin embargo, se tiene contemplado para futuras versiones del mismo, integrar la solución con el servidor LDAP (Lightweight Directory Access Protocol - Protocolo Ligero de Acceso a Directorios) de la Facultad de Ciencias, a fin de que esta funcionalidad sea automatizada.

2) *Módulo de Gestión de Asignaturas:* este módulo permite a los profesores el crear, modificar o eliminar asignaturas, las cuales se organizan por período lectivo. Este módulo a su vez posee dos submódulos, el primero llamado Módulo de Gestión de Secciones, el cual permite al profesor el crear, modificar o eliminar secciones. En la figura 5, es posible observar una de las vistas de éste módulo. El segundo submódulo es llamado Módulo de Gestión de Matrículas y permite cargar los datos de los estudiantes inscritos en cada sección, ya sea manualmente, o por lotes utilizando archivos generados por Microsoft Excel, siguiendo el formato establecido por la División de Control de Estudios de la Facultad de Ciencias de la UCV.

3) *Módulo de Gestión de Asistencia:* este es el módulo encargado de recibir los datos capturados por la aplicación móvil del profesor. El proceso de sincronización utilizado por este módulo es completamente automático, aunque siempre debe ser iniciado manualmente por la aplicación móvil del profesor.

4) *Módulo de Gestión de Reportes:* este módulo utiliza los datos obtenidos de la aplicación móvil del profesor por medio del Módulo de Gestión de Asistencia, y que a través del proceso de sincronización son almacenados en la base de datos para calcular estadísticas y desplegar gráficos que muestren

el comportamiento de las asistencias por estudiante, sección, asignatura y período lectivo.

En las Figuras 6 y 7, es posible observar dos vistas de los reportes de asistencias generados en éste módulo. La Figura 6 muestra un reporte estadístico de la asistencia correspondiente a la asignatura Sistemas Operativos, en la cual en el eje de las "X" podemos observar las fechas de las asistencias registradas durante el semestre, y en el eje de las "Y" se muestra la cantidad máxima de estudiantes inscritos en esa sección. El gráfico muestra el comportamiento de asistencia estadístico por todo el semestre. La Figura 7, muestra un reporte de las asistencias recopiladas de un estudiante en particular.

#### IV-E. Aplicación Móvil del Profesor

La aplicación móvil desarrollada es un software que permite al profesor descargar del servidor de control de asistencias el listado de estudiantes para todas las asignaturas que dicta. Posteriormente, el profesor puede iniciar uno o más escaneos por cada clase dictada, de forma que la aplicación pueda registrar a los estudiantes presentes por medio de la dirección MAC de sus dispositivos, tal como se indicó en la Sección IV-B.

La primera vez que se realiza un escaneo la aplicación asocia a los estudiantes con sus respectivas direcciones MAC identificando los nombres utilizados por los dispositivos, los cuales deben coincidir con la cédula de identidad de cada estudiante en cuestión. Una vez que se realiza la asociación esta no puede ser modificada por la aplicación móvil, siendo necesario que el profesor elimine la asociación por medio de la interfaz Web. Esta funcionalidad se provee como previsión a una posible pérdida o cambio del dispositivo utilizado por algún estudiante. La interfaz de captura de asistencias de la aplicación móvil puede verse en la Figura 8. De igual forma, en el caso de que algunos estudiantes olviden llevar sus dispositivos asociados a la clase, o en caso de pérdida o robo de los mismos, el profesor tiene la posibilidad de marcar

The screenshot shows the 'Modificar Profesor' (Modify Professor) form. It includes input fields for 'Cedula' (ID), 'Nombre' (Name), 'Apellido' (Surname), 'Dirección de Correo Electrónico' (Email), and 'Número de Teléfono' (Phone Number). A 'Cambiar Contraseña' (Change Password) button is also present. The interface is part of the 'Computación UCV' system, with a sidebar on the left and a top navigation bar.

Figura 4: Vista del módulo de gestión de profesores

The screenshot shows the 'Nueva Sección' (New Section) form. It includes input fields for 'Nombre de la Materia' (Subject Name), 'Codigo de la Materia' (Subject Code), 'Semestre' (Semester), and 'Sección' (Section). A 'Cargar Estudiantes' (Load Students) section contains a 'Choose File' button and a file name 'listado\_6001\_C11.xls'. Below the form are 'Guardar Sección' (Save Section) and 'Regresar' (Return) buttons. At the bottom, there is a table listing students with columns for 'Cedula', 'Apellido', and 'Nombre'.

Cedula	Apellido	Nombre
21090831	ABREU FERNANDEZ	MANUEL ALEJANDRO
26383963	ACOSTA MARCANO	MANUEL ANTONIO
20781360	ALTUVE MARTINS	ORLANDO ELOY
24939062	ALVARADO RONDON	ISRAEL JOSUE
24723512	BOU RODRIGUEZ	DAVID ARTURO
24900667	CALDEIRA CORREIA	DANNY ALEJANDRO

Figura 5: Vista del módulo de gestión de secciones

la asistencia de estos estudiantes manualmente, tocando los nombres de los estudiantes en el listado de la Figura 8. En esta figura se puede observar que los nombres de los estudiantes resaltados en verde corresponde a aquellos estudiantes de los que se logró escanear su dispositivo durante el proceso de registro de asistencia, y los resaltados en rojo son aquellos que serán registrados en la base de datos como inconsistentes a la calse de ese día. El profesor tiene la posibilidad de marcar a estos estudiantes resaltados en rojo pueden como asistentes a la clase de forma manual.

Como se mencionó anteriormente, esta aplicación también es capaz de reportar los datos capturados al servidor de control de asistencia, el cual es identificado por su dirección IP o nombre de dominio en un parámetro configurable por el profesor.

## V. PRUEBAS Y RESULTADOS

Se realizaron pruebas de funcionalidad sobre los aplicativos desarrollados desde el punto de vista del usuario y una evaluación de la interfaz. Con el objeto de evaluar el nivel de usabilidad de los aplicativos tanto Web, cómo móvil desarrollados, que permitió a los autores observar la satisfacción o no

de la interfaz y funcionalidades de tales aplicativos, y con ello el cumplimiento de los objetivos planteados en el desarrollo de las soluciones.

### V-A. Escenario de pruebas

1) *Prueba de funcionalidad*: se probaron las funcionalidades y requerimientos de las aplicaciones, una por una para determinar posibles errores y fallas durante el proceso de desarrollo de manera iterativa.

Las pruebas consistieron en evaluar las funcionalidades que el usuario profesor puede realizar en el dispositivo móvil y en la aplicación Web, y se evaluó el resultado esperado contra el resultado obtenido.

Las funcionalidades evaluadas en el aplicativo móvil se centraron en el correcto funcionamiento del escaneo *Bluetooth*, y la posterior sincronización de los datos obtenidos en el mismo con el servidor de control de asistencia. Por su parte, las pruebas del servidor de gestión de asistencias y su interfaz Web se centraron en los módulos de Gestión de materias, Gestión de Secciones y Gestión de Matrículas de Estudiantes. En el módulo de gestión de materias se probó



Figura 6: Vista del módulo de gestión de reportes por materia



Figura 7: Vista del módulo de gestión de reportes por estudiante

que el profesor pudiera crear, modificar y editar materias asignadas a su dictado de forma satisfactoria. En el módulo de Gestión de secciones se validó que el profesor pudiese crear tantas secciones como fuesen necesarias por cada materia, así como editarlas y eliminarlas. En el módulo de Gestión de matrículas, se validó que las funcionalidades para llenar la Base de Datos de los estudiantes de dicha sección tomando como entrada el archivo XLS generado por el Sistema de Control de Estudios de la Facultad de Ciencias se realizara de manera satisfactoria.

Una vez creadas las secciones, otra de las funcionalidades que se probó de forma iterativa fue la del escaneo de los dispositivos de los estudiantes a través de la interfaz *Bluetooth*, con el objeto de enrollarlos en la base de datos y obtener la dirección MAC de cada dispositivo a fin de utilizarla posteriormente para su identificación en el Control y Chequeo de asistencia.

También se validó la funcionalidad de los módulos de reportes de la aplicación Web, la cual es posible visualizar

los listados de los estudiantes enrolados en cada sección, y ver las listas de asistencias filtradas de diferentes maneras, sea por día, por estudiantes o por dispositivos.

Finalmente, pero no menos importante fueron las pruebas realizadas al proceso de sincronización entre el dispositivo móvil del Profesor y la Base de Datos de la aplicación Web.

Las pruebas de funcionalidad que se realizaron arrojaron inconvenientes, los cuales en 2 o 3 iteraciones fue posible solventar, y con lo cual se validó que fuera posible para el usuario cumplir con todas las funcionalidades desarrolladas.

#### V-B. Pruebas de Usabilidad

Para ejecutar las pruebas de Usabilidad, se procedió a diseñar y aplicar una encuesta basada en los criterios de usabilidad definidos por Nielsen en su modelo de Heurística de Usabilidad [21]. La evaluación heurística ayuda a encontrar problemas de usabilidad durante el proceso de diseño y es realizada por un pequeño conjunto de evaluadores (3-5) [22], quienes examinan la interfaz de usuario de forma independiente, buscando problemas de usabilidad, es decir verificando si la misma satisface las heurísticas de Nielsen.

La encuesta fue aplicada de forma iterativa 3 veces. El grupo de evaluadores estuvo conformado por cuatro (4) Profesores de la Escuela de Computación de la Facultad de Ciencias de la UCV. Posterior a cada aplicación de la encuesta se identificaron deficiencias en la usabilidad de las aplicaciones en algunos de los ítems de las Heurísticas, las cuales fueron corregidas para luego volver a aplicar la encuesta.

La encuesta estuvo conformada por diez (10) preguntas claves para determinar posibles problemas en las interfaces de usuario. Cabe destacar que por cada pregunta los profesores tenían la posibilidad de dejar comentarios los cuales fueron tomados en cuenta al momento de realizar las mejoras que se consideraron pertinentes.

Cada pregunta de la encuesta fue medida en base a una escala de numeración del 1 al 5, donde 1 representaba la calificación más baja y 5 la calificación más alta. A continuación se listan las diez (10) preguntas evaluadas en base a la Heurística de Nielsen.

1. Visibilidad del estado del sistema: ¿Considera que el sistema le informa de su estado actual de manera clara todo el tiempo a través de los elementos de la aplicación? Por ejemplo, ¿La navegabilidad de la página es fácil debido a que siempre sabe en donde está en todo momento y esto facilita la creación de un mapa mental del sitio?
2. Lenguaje del Usuario: ¿Considera que el sistema utiliza un lenguaje común a través de frases, terminología y conceptos, que haga su utilización acorde con su realidad?
3. Control y Libertad de Uso: ¿Considera que el sistema provee salidas claras y demarcadas en las funcionalidades de la aplicación en caso de que el usuario escoja alguna por error?
4. Consistencia y Estándares: ¿Considera que el lenguaje, situaciones o acciones son consistentes y siguen un estándar dentro de su función en el sistema? Por

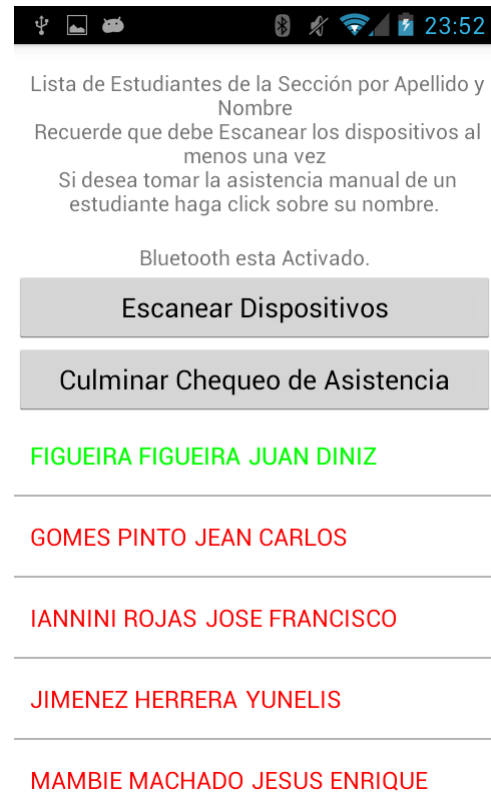


Figura 8: Vista de la aplicación móvil del profesor

ejemplo, ¿Los iconos y términos utilizados para la modificación de ítems en un menú se mantienen homogéneos a través de la aplicación?

5. Prevención de Errores: ¿Considera que el sistema a través de diseño o diálogos de confirmación previene errores o minimiza la ocurrencia de los mismos?
6. Reconocimiento: ¿Considera que el sistema muestra sus opciones, objetos o acciones de una forma explícita de manera que el usuario no debe recordar la información necesaria para interactuar con el sistema sino que se basa en el reconocimiento del mismo?
7. Flexibilidad y Eficiencia de Uso: ¿Considera usted que el diseño de la aplicación permite que las funciones que realiza el usuario puedan ser más rápidas o más eficientes a través del uso de accesos directos o funciones que mejoren la experiencia del usuario?
8. Diseño Minimalista y Estético: ¿Considera que el diseño del sistema contiene solo información necesaria, es decir que no incurre en redundancias o con datos que compitan con la información vital, para manejar la aplicación exitosamente?
9. Facilidad para el Diagnóstico, Reconocimiento y Recuperación de Errores: ¿Considera usted que los mensajes de error presentados por el sistema son expresados en lenguaje simple, indican la fuente del problema y sugieren de manera constructiva una solución?
10. Ayuda y Documentación: ¿Considera que el sistema



Tabla I: RESULTADOS DE LA PRUEBA DE USABILIDAD

Preguntas	Profesor Evaluador 1					Profesor Evaluador 2					Profesor Evaluador 3					Profesor Evaluador 4				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1) Visibilidad del estado de las aplicaciones					X					X					X					X
2) Lenguaje del usuario					X					X					X					X
3) Control y libertad de uso		X								X					X					X
4) Consistencia y estándares					X					X					X					X
5) Prevención de errores		X								X					X					X
6) Reconocimiento			X							X					X					X
7) Flexibilidad y eficiencia de uso					X					X					X					X
8) Diseño minimalista y estético					X					X					X					X
9) Facilidad para el diagnóstico, reconocimiento y recuperación de errores					X					X					X					X
10) Ayuda y documentación		X								X					X					X

presenta ayuda y documentación necesaria, suficiente, concisa y de fácil entendimiento para la correcta utilización de las herramientas?

En la Tabla I, es posible observar los resultados obtenidos por la solución en las pruebas de Usabilidad aplicadas a los aplicativos desarrollados. En la Tabla es posible observar como en la heurística H3 “Control y Libertad de Uso”, de los cuatro Profesores encuestados sólo uno de ellos expresó una insatisfacción de puntuación dos (2) reasaltada en negritas, expresando en las observaciones los aspectos a mejorar en éste ítem. En éste mismo orden de ideas, en la heurística H5 “Prevención de Errores”, un profesor expresó una insatisfacción de puntuación dos (2) resaltada en negritas, dos profesores manifestaron insatisfacción con una puntuación de tres (3), resaltadas en rojo y uno con una puntuación de cinco (5). Para el caso de la heurística H6 “Reconocimiento”, sólo uno de los profesores expresó una insatisfacción de puntuación de tres (3). En el caso de las heurísticas H8 “Diseño Minimalista y Estético” y H9 “Facilidad para el Diagnóstico, Reconocimiento y Recuperación de Errores”, un profesor expresará no sentirse del todo satisfecho en éstos aspectos, valorándolos con una puntuación de cuatro (4), resaltado en color verde en la Tabla. Finalmente, en la heurística H10 “Ayuda y documentación”, se recibió una calificación de dos (2) de parte de un profesor; una puntuación de tres (3) de parte de otro profesor y dos puntuaciones de cinco (5) de parte de los dos profesores restantes.

Todos aquellos aspectos que recibieron puntuaciones menores a cinco (5) y para los cuales se indicaron en la sección de observaciones a mejorar, se tomaron los respectivos correctivos, quedando resueltos tales aspectos. Una vez aplicados los correctivos, se procedió a aplicar nuevamente las encuestas de usabilidad al mismo conjunto de profesores, expresando como resultado total satisfacción con una evaluación de cinco (5) a todos los aspectos evaluados. Ejemplos de tales correctivos se

listan a continuación.

1. Se tomaron en consideración las respuestas de los encuestados y esto se tradujo en una mejora para la facilidad del diagnóstico, reconocimiento y recuperación de errores, a través de mensajes más claros a la hora de presentarse un error, al igual que diálogos de confirmación claros a la hora de hacer cambios sobre la solución. Por ejemplo, a la hora de agregar una sección o al retirar un estudiante.
2. Se proporcionó una mejora para la prevención de errores utilizando *tooltips* en cada uno de los botones de las funciones de la solución, de manera que en cualquier momento el usuario pueda conocer cuál es el efecto de las acciones posibles en la misma.
3. Se tomaron en consideración las observaciones sobre el reconocimiento en la solución desarrollada. Al utilizar textos de ayuda e iconos en los botones en la aplicación móvil se mejoró la navegación al hacerla más intuitiva.
4. Se produjo una mejora para el diseño de la aplicación móvil, a través del uso de estilos e iconos.
5. Se desarrollaron mensajes más claros a la hora de presentarse un error, al igual que diálogos de confirmación claros a la hora de hacer cambios sobre la solución, por ejemplo, al momento de agregar una sección o al retirar un estudiante.
6. Se realizaron mejoras para la ayuda y la documentación, utilizando textos de ayuda e iconos en los botones en la aplicación móvil, de manera que sea más intuitiva la navegación en la misma, además de proveer mayor claridad a la hora de utilizarla.

## VI. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se desarrolló una solución basada en una plataforma Web y móvil que permite chequear la asistencia de

los estudiantes de la Universidad Central de Venezuela al aula de clases. Durante el desarrollo de este trabajo la usabilidad fue el enfoque principal dado que está dirigida a todos los profesores de la Universidad, los cuales no necesariamente poseen conocimientos técnicos avanzados en el uso de las herramientas utilizadas.

Finalizadas las pruebas descritas en la Sección V, se analizaron los resultados y se aplicaron las mejoras recomendadas para mejorar la usabilidad de la aplicación. De esta manera una mayor parte del universo docente podrá hacer un uso cómodo de la misma y así ahorrar tiempo en tareas repetitivas y propensas a errores como el chequeo y la gestión manual de las asistencias de los estudiantes, además de generar un histórico de todas las cátedras que cada profesor ha dictado.

La solución desarrollada provee las siguientes contribuciones:

- Propuesta de una solución en software para proporcionar un sistema automatizado de chequeo de asistencia a los profesores de la Universidad Central de Venezuela.
- Implementación de un sistema de gestión de asistencia y reportes históricos por materia, sección y estudiante, permitiendo saber los porcentajes de asistencia de manera automática.

Se identificaron las siguientes limitaciones de la solución desarrollada:

- Las versiones de Bluetooth utilizadas para las pruebas se ubicaban en el rango de Bluetooth 2.1 a Bluetooth 4.0. El sistema no ha sido probado con versiones de Bluetooth fuera de este rango.
- El rango de chequeo de la aplicación móvil del profesor está limitado al rango del descubrimiento de dispositivos de Bluetooth (aproximadamente 10 metros sin obstáculos).

En base a lo presentado, y según los resultados obtenidos, se proponen los siguientes trabajos futuros:

- Permitir la integración de la solución con servidores LDAP para obtener credenciales de inicio de sesión ya existentes de los servidores de la Universidad Central de Venezuela.
- Crear un módulo y su respectivo rol para estudiantes, el cual permita al estudiante verificar su historial de asistencia en las materias que cursa actualmente o ha cursado anteriormente.
- Desplegar la solución en un entorno de producción para ser utilizada por la comunidad docente de la Universidad Central de Venezuela.
- Realizar una auditoría de seguridad a la solución desarrollada y aplicar las correcciones que se deriven de dicha auditoría.
- Identificar la efectividad de la solución para reducir la incidencia de fraudes con respecto a la asistencia por parte de los estudiantes.

- Realizar un estudio sobre la satisfacción de los profesores de la UCV sobre el uso continuado durante varios semestres de la solución desarrollada.

## REFERENCIAS

- [1] A. Pérez y A. E. Safady, "Sistema biométrico de control de asistencia laboral mediante el uso de huella dactilar," Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela, 2014.
- [2] F. D. Venanzi y J. M. Bianco, "Reglamento de asistencia a clase," Consejo Universitario de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, 1960.
- [3] B. SIG, "Specification of the bluetooth system version 4.0," Bluetooth Special Interest Group, Rep. Tecn., 2004.
- [4] B. SIG, "Bluetooth sig 2014 annual report," Bluetooth Special Interest Group, Rep. Tecn., 2014.
- [5] E. D. Castillo, "Blueciens: Una herramienta para el escaneo y la distribución de anuncios usando bluetooth," Trabajo de Grado, Escuela de Computación, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, 2008.
- [6] V. Kostakos, "Using bluetooth to capture passenger trips on public transport buses," *arXiv preprint arXiv:0806.0874*, 2008.
- [7] J. M. Gill, "Biometría y sistemas de identificación personal," *Entre dos mundos: revista de traducción sobre discapacidad visual*, no. 27, pp. 25-27, 2005.
- [8] J. C. Jiménez Ramos y V. H. Zepeda Cabezas, "Diseño de sistema de control de asistencia biométrico dactilar utilizando tecnología. net," 2015.
- [9] C. Cobos Moreno, "Control de los entornos de sistemas rfid," Trabajo de Grado, Departamento de Informática, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, España, 2013.
- [10] E. J. Ortega Tapia, "Desarrollo de un prototipo de identificación de personal basado en tecnología nfc sobre dispositivos móviles android para la empresa mivselltech sa," Tesis Doctoral, Quito, 2016., 2016.
- [11] L. Sui, "Global smartphone os market share by region: Q1 2016," Strategy Analytics, Rep. Tecn., 2016.
- [12] A. Restivo, "Attendance," Google Playstore, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aor.attendance>.
- [13] A. D. Group, "Attendance," Google Playstore, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.a4.acesmndr.attendance>.
- [14] F. Cafer, "Attendance taker," Google Playstore, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ferid.app.classroom>.
- [15] P. Apps, "Control de audiencia," Google Playstore, <https://play.google.com/store/apps/details?id=peterman.apps.attendance>.
- [16] G. Medhi, "Myclass attendance," Google Playstore, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.myclass.attendance>.
- [17] A. Group, "Smart attendance," Google Playstore, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.alienartsoftwares.smartattendance.free>.
- [18] A. F. Academics, "Asistencia," Google Playstore, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.academics.attendance>.
- [19] E. Megías, "Pasando lista," Google Playstore, <https://play.google.com/store/apps/details?id=megiassoft.pasandolista>.
- [20] W. R. Bischofberger y G. Pomberger, *Prototyping-oriented software development: concepts and tools*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [21] J. Nielsen, "10 usability heuristics for user interface design," *Fremont: Nielsen Norman Group.*, 1995.
- [22] J. Nielsen y T. K. Landauer, "A mathematical model of the finding of usability problems," in *Proceedings of the INTERACT'93 and CHI'93 conference on Human factors in computing systems*. ACM, 1993, pp. 206-213.