

Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Subdirección Académica

Departamento de Ciencias Computacionales

TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

**Implementación Automática de un Modelo de Detección de
Aislamiento Social en Adultos Mayores**

presentada por
Ing. Virginia Ortiz Gómez

como requisito para la obtención del grado de
Maestra en Ciencias de la Computación

Directora de tesis
Dra. Alicia Martínez Rebollar

Codirector de tesis
Dr. Wilfrido Campos Francisco



Cuernavaca, Morelos a 10 de noviembre del 2016
OFICIO No. DCC/229/2016
Asunto: Aceptación de documento de tesis

DR. GERARDO V. GUERRERO RAMÍREZ
SUBDIRECTOR ACADÉMICO
PRESENTE

Por este conducto, los integrantes de Comité Tutorial de la Ing. Virginia Ortiz Gómez, con número de control M14CE065, de la Maestría en Ciencias de la Computación, le informamos que hemos revisado el trabajo de tesis profesional titulado "Implementación automática de un modelo de detección de aislamiento social en adultos mayores" y hemos encontrado que se han realizado todas las correcciones y observaciones que se le indicaron, por lo que hemos acordado aceptar el documento de tesis y le solicitamos la autorización de impresión definitiva.

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Alicia Martínez
Reboollar
Doctora en Informática
7399055

CO-DIRECTOR

Dr. Wilfrido Campos
Francisco
Doctor en Ciencias de la
Computación
9968712

REVISOR 1

Dr. Noé Alejandro Castro
Sánchez
Doctor en Ciencias de la
Computación
08701806

REVISOR 2

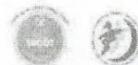
Dr. José Crispín Zavala Díaz
Doctor en Ciencias
Computacionales
3406871

REVISOR 3

Dr. Joaquín Pérez Ortega
Doctor en Ciencias Computacionales
4795984

C.p. M.T.I. María Elena Gómez Torres - Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
Estudiante
Expediente

NACS/lmz





Cuernavaca, Mor., 23 de noviembre de 2016
OFICIO No. SAC/333/2016

Asunto: Autorización de impresión de tesis

ING. VIRGINIA ORTIZ GÓMEZ
CANDIDATA AL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN
PRESENTE

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de tesis titulado **"Implementación Automática de un modelo de detección de aislamiento social en adultos mayores"**, ha informado a esta Subdirección Académica, que están de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior, se le autoriza a que proceda con la impresión definitiva de su trabajo de tesis.

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE MÉXICO"

DR. GERARDO VICENTE GUERRERO RAMÍREZ
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



SEP TecNM
CENTRO NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO
SUBDIRECCIÓN
ACADÉMICA

C.p. M.T.I. María Elena Gómez Torres.- Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
Expediente

GVGR/mcr



Dedicatoria

A las personas más importantes en mi vida:

Mis Padres, Mi novio, Mi hermano

Quienes en todo momento me han brindado su amor incondicional.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico que me otorgó para desarrollar este trabajo de investigación.

Al Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) por brindarme la oportunidad de pertenecer a su comunidad estudiantil.

De manera muy especial a mi directora de tesis la Dra. Alicia Martínez Rebollar por su instrucción y paciencia a lo largo de este trabajo, por su incansable entusiasmo por encontrar soluciones que promuevan el bienestar social.

A mi Codirector de tesis el Dr. Wilfrido Campos Francisco por su amabilidad y disposición para ayudarme en mi trabajo de tesis.

A mis revisores el Dr. Noé Castro, el Dr. José Crispín y el Dr. Joaquín Pérez porque sin su ayuda para la mejora continua de este trabajo de tesis no se hubiera obtenido el mismo resultado.

A mis profesores que dedican todo su esfuerzo a formar nuevas generaciones de investigadores y que contribuyen de manera significativa al progreso de la ciencia y la tecnología.

A mis padres por su apoyo y sus consejos, por todos sus esfuerzos por brindarme una buena educación, por siempre impulsarme a ser una mejor persona, por todas sus muestras de cariño. A mis hermanos y mi cuñado, que me brindaron su apoyo y amor a lo largo de mis estudios de maestría.

A mi novio Irving Ulises Herrera por su invaluable contribución a este trabajo de tesis, gracias por todas tus enseñanzas, por todo tu amor y por impulsar mi crecimiento profesional y personal, por toda la felicidad que has traído a mi vida. Te amo

A mis amigos, que se convirtieron en mi familia durante mi estancia en CENIDET: Misael, Obed, Felipe, Isaí, Roberto, Ramsés. A mis hermanitos de tesis que compartieron conmigo los regaños y consejos de nuestra directora de tesis: Wendy, Richard, Alejandro.

Resumen

En la actualidad, casi 700 millones de personas en el mundo son mayores de 60 años. Para 2050, las personas de 60 años o más serán 2,000 millones, esto es, más del 20% de la población mundial. El crecimiento de este segmento de la sociedad ha ocasionado que se preste mayor atención a las necesidades particulares de las personas de la tercera edad y los problemas a los que se enfrentan muchas de ellas [1].

El envejecimiento de la sociedad ha despertado el interés de instituciones de salud y áreas afines por mejorar el bienestar de los adultos mayores, por lo que, encontrar formas efectivas de proveer cuidado a los adultos mayores ha llegado a ser uno de los mayores retos para la comunidad científica[2].

En este contexto y teniendo en cuenta dichas cifras, en este trabajo de investigación se reestructura un modelo de detección de aislamiento social y se implementa en un sistema de software que permite extraer de manera automática, a través de la Inteligencia Ambiental los valores de las variables relevantes del modelo predictivo utilizado.

En este trabajo de investigación se desarrolló un sistema de software formado de dos aplicaciones móviles, la primera aplicación permite monitorear las actividades del adulto mayor, recolectar los valores de las variables relevantes y posteriormente utilizando el modelo de detección de aislamiento social implementado en uno de sus módulos, detecta el nivel de aislamiento social del adulto mayor. La segunda aplicación móvil fue hecha para el cuidador del adulto mayor y tiene como objetivo informar al cuidador el nivel de aislamiento social detectado en el adulto mayor.

El sistema de software desarrollado utiliza una arquitectura cliente-servidor, las aplicaciones móviles conforman la parte del cliente y en la parte del servidor se encuentran los servicios web y el servidor de base de datos. Para monitorear las actividades del adulto mayor fue necesario realizar un estudio para seleccionar las herramientas de hardware y software que nos permitieran extraer con mayor precisión los valores de las variables relevantes. Ambas aplicaciones que conforman el sistema, se desarrollaron bajo el sistema operativo Android, ya que el 88 % de los teléfonos en el mundo poseen este sistema operativo [3].

El sistema está formado por diferentes módulos que se encargan de extraer los valores de las variables, los módulos en los que se utiliza tecnología adicional son los módulos para posicionamientos en interiores y el módulo de posicionamiento en exteriores. Para el monitoreo en interiores se integraron dispositivos Bluetooth llamados *Beacons*, los cuales actualmente tienen su principal aplicación en la mercadotecnia y sistemas de guía, sin embargo, en este trabajo de tesis se utilizaron para determinar la cantidad de tiempo que el usuario pasa en las habitaciones de su hogar. Para el monitoreo en exteriores, se utilizó el sensor GPS integrado en los teléfonos inteligentes y se integró la API de Google Maps a la aplicación móvil para obtener la ubicación del adulto mayor.

Para el almacenamiento de los datos se utilizó un servidor en la nube, y con la ayuda de los servicios web se enlazaron las aplicaciones que permiten almacenar la información en la base de datos de MySQL, así mismo los servicios web permitieron extraer la información de la base de datos y desplegarla en la aplicación del cuidador.

La evaluación inicial del enfoque propuesto permitió determinar que, con el sistema propuesto que implementa el modelo de detección de aislamiento con los datos recolectados de 15 participantes se obtuvo una precisión del 93.3%, aumentando ligeramente la precisión del modelo original que es del 87.5%.

Finalmente, las contribuciones de este trabajo de investigación a las ciencias computacionales se enfocaron en la selección e integración de las herramientas necesarias para la adquisición y el procesamiento de los datos requeridos para ser utilizados en un problema social que en este caso fue la detección de aislamiento social en adultos mayores.

Abstract

At present, almost 700 million of people in the world are over 60 years old. For 2050, people aged 60 years old and over will be 2 billion, that is, more than 20% of the world's population. The growth of this segment of society has caused greater attention to the particular needs of the elderly and to the problems that many of them face [1].

The aging of society has aroused the interest of health institutions and related areas to improve the well-being of older adults, so finding effective ways to test elder care has become one of the greatest challenges for the scientific community.

In this context, and taking these statistics in this research we restructure a predictive model of social isolation and it is implemented in a software system that allows to extract automatically the values of the relevant variables of the predictive model using the Environmental Intelligence.

In order to accomplish the main goal, a system of two applications was developed, the first one was an application that allows monitoring the activities of the elderly and obtains the values of the variables that are relevant to detect the level of social isolation and the second was an application for caregiver which has the objective of monitoring the level of social isolation detected in the elderly.

The developed system uses a client-server architecture. The mobile applications work as clients while the web services and the database work as server. In order to monitor the activities of the elderly, it was necessary to carry out a study to select the hardware and software tools that would allow us to extract the values of the relevant variables with greater precision. The applications that conform the system were developed under Android operating system because 88% of the phones in the world have this operating system.

The system that we developed is made of different modules that are responsible of extracting the values of the variables. The modules in which additional technology is used are the modules for indoor positioning and the outdoor positioning module. For indoor monitoring, Bluetooth devices called Beacons were integrated, which currently have their main application in marketing and guidance systems. However, in this thesis work the Beacons were used to determine the amount of time that the user stays in the rooms of their home. For outdoor monitoring, the integrated GPS sensor was used in smartphones and the Google Maps API was integrated into the mobile application to obtain the location of elderly.

For the storage of data, a data server in the cloud was used. With the web services, the applications that allow to store the information in the database of MySQL were linked. Additionally, the web services allowed to extract the information of the Database and display it in the caregiver's application.

The initial evaluation of the proposed approach allowed to determine that, with the proposed system that implements the isolation detection model with data collected from 15 participants an accuracy of 93.3% was obtained, slightly increasing the accuracy of the original model, which is 87.5%.

Finally, the contributions of this research to the computational sciences were focused on the selection and integration of the necessary tools for the acquisition and processing of the data required to be used in a social problem that in this case was the detection of Social isolation in elderly.

Índice

Lista de figuras	iv
Lista de tablas.....	v
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Planteamiento del problema	4
1.4 Solución propuesta.....	5
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 Metodología de solución	5
1.7 Estructura de la tesis	6
Capítulo 2. Marco Conceptual.....	8
2.1 Adulto Mayor.....	9
2.2 Inteligencia Ambiental.....	9
2.3 Aislamiento social	9
2.4 Cómputo móvil	10
Capítulo 3. Estado del Arte.....	16
3.1 Criterios de análisis.....	14
3.2 iPhonoid.....	14
3.3 Periódico Electrónico Familiar	16
3.4 Sistema de reconocimiento y regulación de emociones en adultos mayores	17
3.5 eSeniorCare.....	18
3.6 Sistema de monitoreo de actividad en interiores	19
3.7 Sistema de monitoreo para cuidadores de adultos mayores.....	20
3.9 Resumen del estado del arte	21
Capítulo 4. Metodología de solución	24
4.1 Metodología	25
4.2 Fase 1: Reestructuración del modelo predictivo de aislamiento social.	25

4.2.1 Análisis y equilibrio de los datos.....	25
4.2 Fase 2: Implementación del modelo.....	29
4.2.1 Recolección automática de datos.....	29
4.3 Fase 3. Evaluación.....	30
4.3.1 Pruebas al sistema.....	30
4.3.2 Pruebas al método propuesto.....	30
Capítulo 5. Desarrollo del sistema.....	32
5.1 Arquitectura del sistema.....	33
5.2 Desarrollo e implementación de la aplicación móvil para el adulto mayor.....	34
5.2.1 Módulo “Registro”.....	34
5.2.2 Módulo “Extracción de mensajes”.....	37
5.2.3 Módulo “Extracción de llamadas”.....	37
5.2.4 Módulo “Posicionamiento en interiores”.....	38
5.2.5 Módulo “Posicionamiento en exteriores”.....	40
5.2.6 Implementación del modelo de detección de aislamiento social.....	40
5.2.7 Módulo “Envío de mensajes motivacionales”.....	41
5.3 Desarrollo e implementación de la aplicación móvil para el cuidador.....	42
5.3.1 Registro de usuario.....	43
5.3.2 Ingreso a la información del adulto mayor.....	43
5.4 Modelo Entidad-Relación de la base de datos.....	44
5.5 Implementación de Servicios Web.....	48
Capítulo 6. Pruebas y Resultados.....	49
6.1 Pruebas al sistema.....	50
6.1.1 Pruebas funcionales a la aplicación del adulto mayor.....	50
6.1.2 Plan de pruebas para la aplicación móvil para el cuidador.....	53
6.1.3 Pruebas al método propuesto.....	54
6.2 Resultados obtenidos.....	56
Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos a Futuro.....	59
7.1 Conclusiones.....	60
7.2 Logros obtenidos.....	62
7.2 Trabajos futuros.....	62
Referencias.....	63

Anexos.....	65
ANEXO A.....	66
Casos de prueba de la aplicación del Adulto Mayor.....	66
ANEXO B.....	82
Casos de prueba de la aplicación del cuidador.....	82

Lista de figuras

Figura 1.1 Distribución porcentual de la población por grandes grupos de edad. México, 1970-2050.	2
Figura 1.2 Metodología propuesta por [5].	3
Figura 1.3 Metodología de solución propuesta.	6
Figura 4.1 Metodología de solución propuesta.	25
Figura 4.2 Modelo predictivo basado en árboles de decisión [5]	26
Figura 4.3 Modelo predictivo de aislamiento social basado en árboles de decisión.....	28
Figura 4.4 Módulos que conforman la Recolección automática de datos.....	29
Figura 5.1 Arquitectura del sistema propuesto	34
Figura 5.2 Pantalla de Registro para el adulto mayor.	35
Figura 5.3 Pantallas para comenzar registro de familiares y amigos.....	35
Figura 5.4 Lista de contactos agregados en el teléfono.....	36
Figura 5.5 a) Icono para representar a los familiares b) Icono para representar a los amigos.....	36
Figura 5.6 Pantallas para finalizar registro.....	36
Figura 5.7 a) Pantalla de Bienvenida b) Menú de opciones.	37
Figura 5.8 Imagen representativa de los Beacons.	38
Figura 5.9 Panel de control Kontak.	38
Figura 5.10 Pantalla principal de la aplicación móvil de Kontak.	39
Figura 5.11 Pantalla de configuración para el Beacon.	39
Figura 5.12 a) Pantalla de registro para el familiar b) Pantalla de confirmación de registro.	43
Figura 5.13 Pantallas del proceso para ingresar a la información del adulto mayor.....	43
Figura 5.14 a) Pantalla para un nivel de Aislamiento social Alto b) Pantalla para un nivel de Aislamiento social Bajo c) Pantalla para un nivel de Aislamiento social Nulo.	44
Figura 5.15 Historial de los niveles de Aislamiento Social detectados.	44
Figura 5.16 Modelo Entidad-Relación de la base de datos.....	47
Figura 6.1 Evaluación para determinar el nivel de aislamiento social	50
Figura 6.2 Gráfica que muestra los porcentajes de género del grupo de control.	55
Figura 6.3 Relación de variables relevantes con cada individuo del grupo de control.....	56
Figura 6.4 Comparación de resultados entre la escala de red social de Lubben y la Aplicación Móvil. ..	57
Figura 6.5 Comparación de resultados entre la escala de red socia de Lubben y el enfoque propuesto.	57

Lista de tablas

Tabla 1-1 Perfil del adulto mayor proporcionado por [5].....	3
Tabla 1-2 Relación de atributos relevantes obtenidos del trabajo antecedente [5].	4
Tabla 3-1 Tabla comparativa de los trabajos relacionados.....	23
Tabla 4-1 Cantidad de instancias antes y después de aplicar la técnica de remuestreo.....	27
Tabla 4-2 Escala de Red Social de Lubben.....	31
Tabla 5-1 Atributos relevante proporcionados en el trabajo antecedente [5].....	33
Tabla 5-2 Valores de potencia de transmisión disponibles	39
Tabla 6-1 Características de los teléfono inteligentes utilizados.....	55
Tabla 6-2 Datos recolectados.....	56
Tabla 6-3 Datos recolectados en el trabajo antecedente.....	57

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se presenta una visión general del trabajo de investigación y la estructura del documento de tesis.

1.1 Introducción

En la actualidad, casi 700 millones de personas en el mundo son mayores de 60 años. Para 2050, las personas de 60 años o más serán 2,000 millones, esto es, más del 20% de la población mundial. Con esto en mente, está claro que es necesario prestar mayor atención a las necesidades particulares de las personas de la tercera edad y los problemas a los que se enfrentan muchas de ellas.

En México el censo de población y vivienda 2010 realizado por INEGI, contabilizó 10.1 millones de adultos mayores lo que representa 9.0% de la población total. Paulatinamente se ha acumulado una mayor cantidad de personas de 60 y más años, debido a la mayor esperanza de vida. Se estima que para 2050 los adultos mayores representen el 22.6 % de la población [4], tal como se muestra en la Figura 1.1.

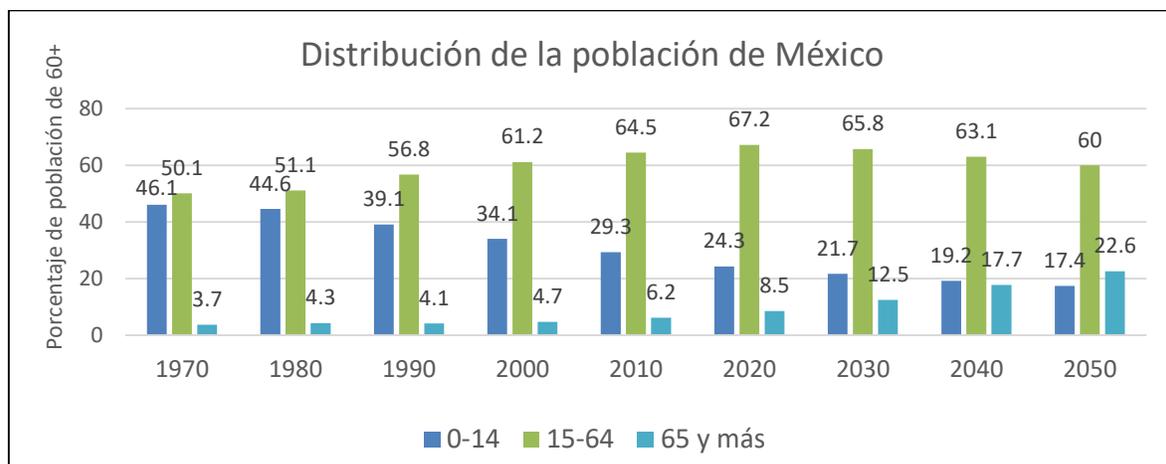


Figura 1.1 Distribución porcentual de la población por grandes grupos de edad. México, 1970-2050.

Debido a las estadísticas mencionadas se ha despertado el interés por mejorar el bienestar de los adultos mayores, por lo que, encontrar formas efectivas de proveer cuidado a los adultos mayores ha llegado a ser uno de los mayores retos para la comunidad científica [2].

El Aislamiento Social se define como la falta de contacto e interacción con otras personas y es uno de los problemas que más se acentúa en la etapa de la vejez, en donde los problemas de socialización son los más recurrentes y los que más ponen en peligro la vida independiente del adulto mayor. Los riesgos asociados al aislamiento social pueden ser comparados con los riesgos asociados al tabaquismo, alcoholismo u obesidad, así mismo una persona aislada socialmente puede morir prematuramente.

En este trabajo se propone desarrollar dos aplicaciones móviles. Una aplicación móvil que implemente el modelo computacional desarrollado en el trabajo de tesis: **Detección de aislamiento social en adultos mayores a través de Inteligencia Ambiental y sitios de redes sociales** (Campos, 2015) y otra que sea capaz de mostrar los resultados obtenidos al cuidador del adulto mayor. La aplicación principal permite monitorear el nivel de aislamiento social en adultos mayores obteniendo la información a través de diferentes módulos que recolectan la información de las variables de manera automática. Para lograr dicho objetivo, se propone la incorporación de Inteligencia Ambiental, con la finalidad de que se pueda monitorear el entorno del usuario a través de dispositivos Bluetooth empotrados en el hogar y auxiliándonos de los dispositivos móviles. Por otra parte, en la aplicación diseñada para el cuidador del adulto mayor, se observan los resultados obtenidos.

1.2 Antecedentes

En este proyecto se da continuidad a un trabajo de investigación que fue desarrollado en el CENIDET en el área de Ciencias de la Computación a nivel doctoral. El título del proyecto es: **Detección de aislamiento social en adultos mayores a través de Inteligencia Ambiental y sitios de redes sociales** [5].

En este trabajo el autor propone un modelo para detectar automáticamente etapas tempranas de aislamiento social en adultos mayores mediante la monitorización de las interacciones sociales a través de Inteligencia Ambiental. El método propuesto se apoya en la escala de Lubben[6], la cual es un instrumento psicológico que permite medir el grado de aislamiento social en un adulto mayor e identificar que variables de comportamiento social deben ser monitoreadas.

La idea principal del método propuesto es detectar aislamiento social en etapas tempranas en adultos mayores a través de la monitorización de cambios significativos en sus patrones de comportamiento social que representen situaciones de riesgo. La estructura general de la metodología propuesta por [5] está dividida en cuatro fases y se muestra en la Figura 1.2.

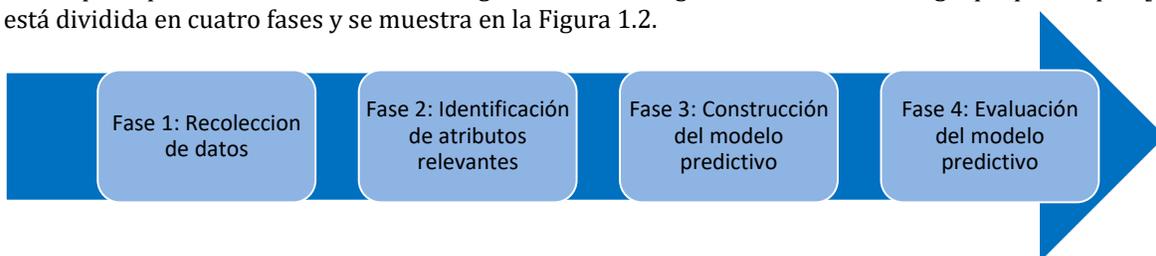


Figura 1.2 Metodología propuesta por [5].

Fase 1: Recolección de datos. El objetivo de esta primera fase es obtener un conjunto de datos para entrenar al modelo predictivo.

Fase 2: Identificación de atributos relevantes. El objetivo de esta segunda fase de la metodología seguida para el desarrollo del modelo predictivo, consistió en identificar qué actividades de interacción social (también conocidas como atributos) tienen una correlación con el grado de riesgo de aislamiento social en el adulto mayor.

Fase 3: Construcción del modelo predictivo. El objetivo de esta tercera fase fue obtener el modelo predictivo de aislamiento social.

Fase 4: Evaluación del modelo predictivo. En esta última fase el autor evaluó el desempeño del modelo predictivo desarrollado. El desempeño del modelo predictivo se evaluó en términos de precisión, sensibilidad, especificidad, valores predictivos positivos y negativos y tipos de error I (error alfa) y II (error beta). Con el fin de corroborar los resultados del modelo predictivo, se definió como estándar de referencia la escala de Red Social del Lubben (LSNS-6).

Como parte del trabajo anterior[5] a nuestro trabajo de tesis, el autor proporcionó el perfil del adulto mayor, así como las variables relevantes para detectar el aislamiento social:

Tabla 1-1 Perfil del adulto mayor proporcionado por [5].

	Adulto mayor (60 años o más)
	Poseer plenas capacidades cognitivas y motrices
	Poseer un teléfono inteligente

Tabla 1-2 Relación de atributos relevantes obtenidos del trabajo antecedente [5].

Tipo de interacción	Variable relevante
Variables de Comunicación	Cantidad de llamadas entrantes de la familia
	Duración promedio de las llamadas entrantes de la familia (min)
	Cantidad de llamadas entrantes de los amigos
	Duración promedio de las llamadas salientes a la familia (min)
	Cantidad de mensajes enviados a los amigos
	Cantidad de mensajes recibidos de la familia
Variables de Movilidad	Tiempo total de estancia en recámara (hrs)
	Tiempo total de estancia en sala (hrs)
	Tiempo total de estancia en comedor (hrs)
	Tiempo total de estancia en jardín (hrs)
	Tiempo total de estancia en otra área del hogar (hrs)
	Cantidad de lugares que visita
Variable demográfica	Género

1.3 Planteamiento del problema

La población de adultos mayores se encuentra en constante aumento. Por lo tanto, se pronostica que aproximadamente una cuarta parte de la población mexicana será de adultos mayores en 2050. Esto incrementará la demanda de servicios médicos relacionados con la salud física y mental. De esta manera se resalta la importancia de la existencia de los sistemas de apoyo social, familiar y de la salud enfocados a los adultos mayores.

El aislamiento social se define como la falta de interacción y contacto con los demás, y es un padecimiento que pone en riesgo la integridad física y mental de los adultos mayores. Un diagnóstico oportuno de este padecimiento e intervenciones apropiadas pueden significativamente reducir el riesgo de sufrir depresión o deterioro cognitivo.

En este contexto, se han desarrollado gran variedad de soluciones tecnológicas como robots [7], pantallas ambientales [8], casas inteligentes [9] y [10], aplicaciones móviles [11] y [12] que buscan hacer frente al aislamiento social en el adulto mayor. Sin embargo, no se encontraron soluciones orientadas a monitorizar cambios significativos en los patrones de comportamiento social que representen situaciones de riesgo asociadas con el incremento en el nivel de aislamiento social del adulto mayor, por lo que, desarrollar soluciones que detecten aislamiento social en etapas tempranas permitiría implementar acciones antes de que se presente un suceso lamentable.

La Inteligencia Ambiental es un concepto que surge en 2001, para describir la visión de un entorno físico en el que la tecnología rodea a la persona de manera “invisible”, está presente cuando se la necesita, es activada por medio de acciones simples por parte de la persona a través de mecanismos naturales, que se adapta al contexto de la persona y se adelanta a sus necesidades con iniciativa propia en función de sus preferencias y deseos [13].

La incorporación de Inteligencia Ambiental en el hogar de los adultos mayores, así como el monitoreo de sus actividades diarias podría potencialmente mitigar el problema del aislamiento social en el adulto mayor. Para ello nos auxiliaremos de la Inteligencia Ambiental (AmI, por sus siglas en Inglés) que se define como la presencia de un entorno digital que es sensible al contexto, adaptable y responde a la presencia de la gente [14], mientras que las aplicaciones que incorporan tecnologías de apoyo basados en AmI, pueden promover una vida independiente, mediante la monitorización de cambios en sus patrones de comportamiento social, podremos utilizarnos a nuestro favor para brindar soluciones que nos ayuden en problemas de salud emocional.

1.4 Solución propuesta

Un diagnóstico oportuno del aislamiento social en los adultos mayores puede reducir significativamente el riesgo de padecer depresión o deterioro cognitivo. Esta situación motiva el desarrollo de sistemas de cómputo capaces de identificar automáticamente situaciones de riesgo en las interacciones sociales del adulto mayor.

Este trabajo de investigación ofrece un sistema computacional que se encarga de extraer información del teléfono inteligente del adulto mayor, analiza los datos recolectados para posteriormente enviarla a un servidor de base de datos, finalmente el sistema interactúa con una aplicación móvil para el cuidador del adulto mayor para informarle los resultados obtenidos, es decir, le informa el nivel de aislamiento social encontrado.

La detección del aislamiento se lleva a cabo registrando las llamadas realizadas y recibidas, los mensajes de texto enviados y recibidos tanto de familiares como de amigos, así como la actividad realizada dentro y fuera de casa. Toda esta información es comparada contra el modelo reestructurado que se generó a partir del modelo de detección del aislamiento social propuesto por [5] con el cual se determina el grado de aislamiento social.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo de investigación es implementar un modelo de detección de aislamiento social en un sistema de software que permita extraer de manera automática a través de la Inteligencia Ambiental los valores de las variables relevantes del modelo predictivo utilizado.

1.5.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este trabajo de investigación se enumeran a continuación:

1. Reestructurar e implementar el modelo de detección de aislamiento social para adultos mayores propuesto por [5] que determina el nivel de aislamiento social.
2. Extraer de forma automática los valores de las variables relevantes del modelo predictivo utilizado.
3. Desarrollar dos aplicaciones móviles. Una de ellas se utiliza para monitorear al adulto mayor y la otra aplicación se utiliza para que el familiar pueda estar enterado del nivel de aislamiento social detectado en el adulto mayor.
4. Realizar un análisis comparativo entre el modelo de detección de aislamiento social y las pruebas subjetivas.

1.6 Metodología de solución

La esencia de este trabajo de investigación reside en determinar el nivel de aislamiento social que presentan los adultos mayores, midiendo las actividades que realizan diariamente y que además se pueden monitorear mediante un teléfono inteligente. La Figura 1.3 muestra la metodología de solución propuesta.

La metodología propuesta está formada de tres fases: (1) Fase de reestructuración del modelo predictivo de aislamiento social, (2) Fase de implementación del modelo y (3) Fase de evaluación.

Fase 1: Reestructuración del modelo predictivo de aislamiento social. En la primera fase de la metodología de solución se reestructuró el modelo propuesto por el trabajo antecedente [5] ya que una de las variables relevantes ya no pudo ser ocupada debido a cuestiones de privacidad, siguiendo la metodología del autor se obtuvo un nuevo modelo de detección de aislamiento social el cual sirve de entrada a la fase dos.

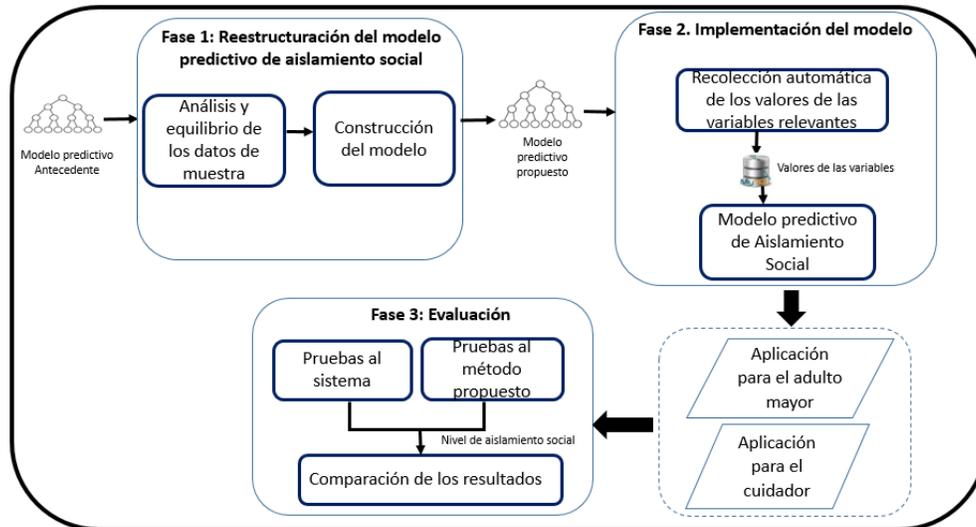


Figura 1.3 Metodología de solución propuesta.

Fase 2: Implementación del modelo. En la segunda fase de esta metodología de solución se lleva a cabo la recolección de manera automática de las variables relevantes del modelo predictivo, por lo que se desarrollaron aplicaciones de software que permiten obtener la información de monitoreo. Además, se realizó la implementación del modelo predictivo propuesto que permite detectar el aislamiento social con base en los datos recolectados por las aplicaciones.

Fase 3: Evaluación. En esta fase se realizaron dos tipos de pruebas del enfoque propuesto: a) Pruebas al sistema, que consiste en realizar pruebas funcionales a las dos aplicaciones desarrolladas y b) Pruebas al método propuesto, estas pruebas se realizaron a un grupo de control formado por siete adultos mayores, a los cuales se les monitoreo utilizando la aplicación móvil desarrollada y también se les aplicó la escala de Lubben. Finalmente se realizó una comparación de resultados entre los resultados obtenidos por el método propuesto y la aplicación del instrumento psicológico.

1.7 Estructura de la tesis

Esta tesis se encuentra organizada como sigue:

- **Capítulo 2: Marco conceptual.** Este capítulo define los conceptos esenciales que se utilizan a lo largo de este trabajo de investigación.
- **Capítulo 3: Estado del arte.** Este capítulo describe los trabajos de investigación relacionados con la detección del aislamiento social.
- **Capítulo 4: Metodología de solución.** En este capítulo se presenta la metodología que ha sido utilizada para resolver la problemática planteada en este proyecto.
- **Capítulo 5: Desarrollo del sistema.** Este capítulo muestra la arquitectura del sistema y el desarrollo de cada uno de los módulos de las aplicaciones que conforman el sistema propuesto.

- **Capítulo 6: Pruebas y resultados.** En este capítulo se presentan las pruebas que se llevan a cabo para darle validez a la metodología de solución planteada. También se presentan los resultados de las pruebas aplicadas.
- **Capítulo 7: Conclusiones y trabajos futuros.** Este capítulo presenta las contribuciones de este trabajo de investigación y los trabajos futuros.

Capítulo 2

Marco Conceptual

En este capítulo se presentan los conceptos más relevantes que giran alrededor del tema de investigación.

2.1 Adulto Mayor

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS): el envejecimiento es el proceso fisiológico que comienza en la concepción y ocasiona cambios característicos de la especie humana durante todo el ciclo de vida. Estos cambios producen una limitación a la adaptabilidad del organismo en relación con el medio.

Al viejo se le puede llamar geronte, anciano, senescente, tercera edad, adulto mayor, etc. El punto de corte para su definición, a los efectos estadísticos es la edad de 65 años, pero para los efectos biológicos este punto lo marca la declinación de las actividades somáticas y psíquicas [15].

La ONU establece la edad de 60 años para considerar que una persona es adulta mayor, aunque en los países desarrollados se considera que la vejez empieza a los 65 años. En México, en el artículo 3º de la Ley de los derechos de las personas adultas mayores, el adulto mayor es aquella persona que cuente con 60 años o más [16]. Esta última definición es la que consideramos para la realización de nuestro trabajo de investigación.

2.2 Inteligencia Ambiental

El concepto de Inteligencia Ambiental (Ambient Intelligence, AmI) fue acuñado por ISTAG (Information Society Technologies Advisory Group, del Grupo Asesor en Sociedad de la Información de la Comisión Europea) en 2001, para describir la visión de un entorno físico en el que la tecnología rodea a la persona de manera “invisible”, está presente cuando se la necesita, es activada por medio de acciones simples por parte de la persona a través de mecanismos naturales, que se adapta al contexto de la persona y se adelanta a sus necesidades con iniciativa propia en función de sus preferencias y deseos [13].

El concepto de Inteligencia Ambiental (Ambient Intelligence, AmI), ofrece la posibilidad de que en todo entorno cotidiano (hogar, en movimiento por la calle, en los transportes, en los lugares públicos, en los hospitales) se pueda tener inteligencia integrada que facilite la vida diaria.

Las tres propiedades básicas de los ambientes inteligentes son: ubicuidad, transparencia e inteligencia. La ubicuidad para encontrarlos en el punto donde esté el usuario, transparencia para pasar desapercibidos en el medio físico e inteligencia para adaptarse a las preferencias de cada individuo [17].

La Inteligencia Ambiental, puede proveer una gran variedad de oportunidades a una población que envejece, por ejemplo: a) reducción de costos en el cuidado, b) monitoreo de las actividades y el bienestar físico, c) interfaces adaptables para gente con discapacidades físicas y d) ambientes receptivos y proactivos, que facilitan la comunicación entre profesionales del cuidado, amigos y familiares [18].

2.3 Aislamiento social

El aislamiento social consiste en una reducción de las posibilidades de comunicación de la persona, de forma que se le limitan los contactos sociales y se aísla física o socialmente de sus compañeros o del exterior [19]. El aislamiento social también es considerado como el hecho de vivir solo/a y no tener relaciones o éstas ser escasas, con familiares o amigos [20].

Existe una gran cantidad de causas potenciales que originan aislamiento social en el adulto mayor, dentro de las más importantes se encuentran:

- a) Pérdida de roles: La cual se refiere a la pérdida de relaciones íntimas con el conyugue, amigos o familiares, y la pérdida de las principales funciones sociales como el empleo.
- b) Vivir solo: Es uno de los más notables factores de aislamiento social. En la mayoría de las ocasiones son los propios integrantes de la familia los que se alejan del adulto mayor, pero también se han suscitado casos en donde el adulto mayor se aleja de los familiares de forma voluntaria.
- c) Viudez: Las personas que solo vivían con su conyugue, se ven afectadas por esta situación debido a que en ocasiones los familiares más cercanos viven lejos de ellos.
- d) Problemas de salud: Las personas con graves discapacidades físicas crónicas, deterioro cognitivo o depresión pueden ser menos capaces de mantener relaciones significativas.
- e) Pobreza: Los adultos mayores que viven en condiciones económicas deplorables consideran que no tienen noticias de amigos ni vecinos hasta por periodos de dos semanas.

Derivado de lo anterior, los riesgos asociados con el aislamiento social han sido comparados en magnitud a los peligros originados por el tabaquismo y otros factores de riesgo biomédicos y psicosociales, a su vez, estos riesgos se ven incrementados debido a factores como jubilación, hijos viviendo en lugares diferentes o el sufrimiento de la pérdida de amistades cercanas.

2.4 Cómputo móvil

La computación móvil es la tecnología que habilita el acceso a recursos digitales en cualquier momento y desde cualquier lugar [21]. Considera tres aspectos: comunicación móvil, software móvil y hardware móvil. El primer aspecto se refiere a los asuntos de comunicación en redes con infraestructura y redes ad-hoc, así como las propiedades de comunicación, los protocolos, los formatos de los datos y tecnologías concretas. El segundo aspecto trata de las características y requerimientos necesarios en las aplicaciones móviles. El tercer aspecto se refiere al hardware, es decir, los dispositivos móviles y sus componentes.

La computación móvil como una disciplina emergente en la computación marca una tendencia futura hacia el “Teletrabajo” o “e-trabajo”, que es la actividad a distancia con el uso de dispositivos móviles, sistemas computacionales e Internet. Los usuarios de dispositivos móviles se incrementan anualmente, dando pie a que el servicio móvil evolucione rápidamente, y que requiera nuevas tecnologías tanto de hardware con bajos recursos y alta eficiencia como de software[22]. Unos de los dispositivos móviles más adquiridos por los usuarios son los Teléfonos inteligentes.

Un teléfono inteligente es un teléfono móvil construido bajo alguna plataforma de cómputo móvil, la movilidad y el poder que ofrecen los teléfonos inteligentes permiten que los usuarios interactúen más directamente con ellos. Los teléfonos inteligentes representan el primer dispositivo móvil computacional verdaderamente ubicuo. Un componente crítico que abre el abanico de aplicaciones de los Teléfonos inteligentes se encuentra en los sensores embebidos. Estos dispositivos están entrando en la vida diaria de los usuarios a razón de las aplicaciones existentes como las redes sociales y otras aplicaciones que están apareciendo como el cuidado de la salud, entre otras.

Con el monitoreo, la extracción y el análisis de datos a través de las aplicaciones, es posible descubrir patrones y detalles acerca de un usuario que antes no era posible. Como resultado, se pueden tratar en tiempo real, datos históricos monitoreados de comunidades de personas y hacer inferencias a escala.

Algunos de los sensores embebidos en los teléfonos inteligentes existentes son el acelerómetro, micrófono, brújula digital, GPS, giroscopio, cámara, sensor de luz. Utilizando estos sensores y explotando la ubicuidad de los teléfonos inteligentes, es posible determinar el ambiente del usuario, por ejemplo, las actividades, el contexto y características de su entorno a nivel muy fino, tanto en espacio como en tiempo [23].

Capítulo 3

Estado del Arte

En este capítulo se presenta un panorama general del estado del arte en las áreas de investigación que se consideraron importantes para este trabajo de investigación. En la sección 3.1 se presentan los criterios utilizados en este análisis. En la siguiente sección se presentan cada uno de los trabajos encontrados.

3.1 Criterios de análisis

Cada trabajo de investigación se describe de acuerdo a los criterios de análisis seleccionados, con la finalidad de realizar una comparación y evaluación objetiva. Los criterios de análisis utilizados fueron: descripción del trabajo de investigación, metodología que utiliza y los resultados obtenidos. A continuación, se detalla cada criterio.

- **Descripción del trabajo.** Este criterio detalla los aspectos generales del trabajo de investigación.
- **Arquitectura.** Este criterio especifica los componentes que conforman cada uno de los sistemas propuestos.
- **Resultados obtenidos.** Este criterio presenta los resultados logrados en la implementación del sistema. Algunos trabajos aún se encuentran en desarrollo por lo cual no se presenta un resultado en los trabajos analizados.

3.2 iPhonoid [7]

Descripción general

El framework citado analiza la comunicación natural entre un robot y una persona. El propósito de este framework es unificar 3 elementos: reconocimiento del ambiente, reconocimiento humano y un modelo emocional en un espacio informativamente estructurado lo cual permite establecer una comunicación más natural entre un robot llamado “iPhonoid” y una persona.

Arquitectura

El framework citado está compuesto por un sistema ambiental y una base de datos.

Sistema ambiental. Está compuesto por un sistema de red de sensores, un sistema web y un robot.

Red de sensores. El sistema de red de sensores consiste en un Kinect, un Sun Spot y un oscilo-sensor óptico.

Para la medición de la información del entorno se utilizaron los datos RGB del medio ambiente extraído por Kinect para calcular el brillo y la oscuridad de una habitación como entradas perceptivas para el modelo. El Sun SPOT es una red inalámbrica de sensores pequeños y de pilas que se puede utilizar para la vigilancia del medio ambiente, y servicios de salud entre otros. El oscilo-sensor óptico inalámbrico es un sensor utilizado para la estimación de los estados humanos en una cama.

Sistema web. Está compuesto de la extracción de información web y bases de datos, donde la información extraída es llamada metadatos. Los datos extraídos se almacenan como contenido en la base de datos para ser reutilizados.

Robot. Los autores desarrollaron un robot combinando un teléfono inteligente y sistemas embebidos, se trata de aprovechar los sensores con los que está equipado el teléfono inteligente (acelerómetro, giroscopio, cámara, y micrófono) reduciendo de esta manera el costo del robot.

Iphonoid actuará no sólo para medir la condición humana mediante el sensor táctil y el reconocimiento de voz, iPhonoid también procesará los datos recogidos a través de la red de sensores usando el modelo emocional para llevar a cabo una acción particular. También en este proyecto los autores desarrollaron modelos emocionales compuestos por la emoción, el sentimiento y el humor las cuáles se miden en base a una escala de tiempo.

Sistema de base de datos. La estructura de base de datos se divide en ocho partes: (1) La condición humana, (2) Modelo de Carácter Personal, (3) Modo de residir, (4) El comportamiento humano, (5) Registro de Conversación, (6) Contenido de la conversación, (7) Información de la Web, y (8) Sensor de datos en bruto.

El flujo de trabajo de procesamiento de datos es el siguiente: en primer lugar, la red de sensores como un módulo de recopilación de información obtiene toda la información requerida. Esta información se almacena en el servidor de base de datos como una entrada para el modelo de percepción emocional.

El modelo emocional procesa toda la información para hacer que el robot interactúe emocionalmente con el humano. La salida del modelo emocional se envía al robot como una señal para ser convertida en conversación, expresión gestual y facial. La acción humana como resultado de la acción del robot es usada de nuevo para actualizar la siguiente acción del robot a través de la red de sensores.

Pruebas

Los autores realizaron 3 casos de estudio:

Caso de estudio 1: los autores investigaron y validaron el modelo emocional que proponen a través del cálculo de las condiciones ambientales y los comportamientos humanos (movimiento y distancia) durante la comunicación con el robot, a partir de este reconocimiento el robot espera comprender el comportamiento humano usando comunicación no verbal.

Caso de estudio 2: los autores tomaron en cuenta el reconocimiento de gestos durante la comunicación con el robot.

Caso de estudio 3: los autores investigaron la viabilidad del sistema integrado, a partir de la recopilación de datos a través de sensores, procesamiento de datos y el sistema de conversación.

Resultados

Para este framework los autores concluyeron lo siguiente:

Para el caso de estudio 1, los sentimientos son afectados predominantemente por la luminosidad del cuarto, cuando hay más luz, la persona presenta “felicidad” y cuando el cuarto está oscuro presenta “miedo”, también observaron que cuando las personas están en movimiento los valores de felicidad incrementan rápidamente.

Para el caso de estudio 2 al igual que en el caso 1, los sentimientos son afectados por la luminosidad del cuarto, sin embargo, cuando el robot reconoce algún gesto humano la importancia de la luminosidad del cuarto es reemplazada por el resultado del gesto humano que resulta en un cambio en las acciones del robot.

En el caso de estudio 3, Los autores realizaron el experimento durante varios días para investigar la actividad del ciclo de vida humana, la información adquirida del entorno del usuario se almacenó en la base de datos y se utilizó para reconocer el estado y el aprendizaje en el proceso de conversación. En los resultados los autores indican que el robot puede llevar a cabo una conversación adecuada con la persona de acuerdo a la información que ha recolectado del entorno.

3.3 Periódico Electrónico Familiar [8]

Descripción general

En este trabajo los autores presentan un sistema basado en tecnología móvil que se centra en el apoyo a la relación entre los adultos mayores que viven solas en México y sus familiares que viven en el extranjero.

Arquitectura

Esta investigación se materializó en presentar un periódico familiar electrónico que ayuda a los adultos mayores a mantener la cercanía emocional con sus seres queridos, proporcionándoles el conocimiento de los eventos importantes de la familia. Esta información se presenta en secciones tales como, deportes, entretenimiento y salud, en el que la familia puede publicar imágenes digitales, vídeos y textos que describen un evento familiar. La sección de entretenimiento incluye un juego de memoria, en la que los ancianos pueden jugar con un miembro de la familia virtual, y de vez en cuando se divierten jugando con una relación real.

Las actividades que ofrece el periódico electrónico familiar, no sólo estimula al adulto mayor socialmente, sino mentalmente también, ya que se ha demostrado que mediante juegos interactivos se puede prevenir el deterioro cognitivo y tener un impacto positivo en la salud.

La arquitectura del periódico electrónico consta de varias capas: Códice CMS, API de códigos de servicios web, agentes del periódico familiar y Clientes (adultos mayores y familiares de los adultos mayores).

Códice CMS. Es un sistema de gestión de contenido, el cual permite la creación de un blog desde el que se crea el "Diario de la Familia".

API de códigos de servicios Web. Son los componentes que permiten crear dinámicamente el Periódico Familiar para el adulto mayor, se conciben como agentes autónomos que perciben cuando la nueva información se puede encontrar en el weblog.

Clientes. En la parte superior de la arquitectura, se encuentran los clientes, es decir, los adultos mayores y los familiares quienes interactúan con el sistema.

Pruebas

Con la primera versión del sistema los autores decidieron realizar pruebas con un pequeño grupo de adultos mayores. El sistema fue implementado en una tablet y se usó la pluma y el teclado como dispositivos de entrada. Con el fin de capturar las imágenes se utilizó un teléfono celular con una cámara incorporada. El propósito de la evaluación era dejar que los adultos mayores utilizaran el sistema en su casa para que pudieran llevar a cabo un conjunto de tareas típicas y se pudiera dar retroalimentación en sitio.

Las pruebas incluyeron 10 participantes, tres hombres y siete mujeres, se llevaron a cabo en la ciudad de Mexicali, Baja California. Todos los participantes tenían entre 60 y 70 años de edad, y tenían al menos un hijo que vive en el extranjero o en otros estados de México. La mayoría de los participantes tenían alguna experiencia usando computadoras u otros dispositivos de comunicación, como los teléfonos celulares.

Se explicó a los participantes el uso del sistema y posteriormente se les pidió realizar las siguientes tareas: enviar un mensaje de texto, enviar un mensaje de texto con una imagen adjunta y por último probar el juego de memoria.

Resultados

Los participantes comentaron que prefieren las llamadas telefónicas, pero están dispuestos a utilizar las herramientas de comunicación que les permitan sentirse más cerca de sus familiares.

Los participantes encontraron la funcionalidad para compartir imágenes útiles, a pesar de que no estaban familiarizados con el uso de teléfonos celulares para tomar y transferir imágenes.

3.4 Sistema de reconocimiento y regulación de emociones en adultos mayores [9]

Descripción general

Este framework propone un framework para detectar las emociones del adulto mayor mediante al análisis de sus señales fisiológicas, expresión facial y de voz. El framework ofrece la interacción con un robot social y el ambiente para regular las emociones de los adultos hacia una emoción positiva. El estado emocional se regula a través de la música, el color y la luz con el objetivo final de mejorar la calidad de vida de las personas mayores que viven solas en casa.

Arquitectura

El framework está formado por 8 niveles cada uno de los cuales está definido por la información que recibe, la transformación de los datos de entrada y los resultados producidos.

Nivel 0 Hardware (sensores y actuadores). Este nivel representa los componentes de hardware encargados de percibir el entorno y la realización de acciones.

Nivel 1 Adquisición. Aquí se establece la comunicación con los sensores. Para cada sensor hay un módulo que comprende los datos recibidos. Este nivel es uno de los niveles más bajos por lo cual no consume datos de otros niveles. Lee datos del nivel 0 y los proporciona a los siguientes niveles.

Nivel 2 Extracción de características. Este es uno de los niveles clave. Aquí los datos proporcionados por los sensores son interpretados por diferentes algoritmos. Este nivel es el encargado de detectar, reconocer y dar seguimiento a los objetos de interés contenidos en la escena.

Nivel 3 Fusión multimodal. Esta etapa es crucial para reducir la incertidumbre asociada a las características extraídas. Se combinan con el fin de proporcionar un mayor nivel de abstracción de la información.

Nivel 4 Detección de eventos. Este nivel recibe un conjunto de características y los procesa. El resultado es una descripción de alto nivel (por ejemplo “el adulto es feliz”).

Nivel 5 Toma de decisiones. En este nivel radica la inteligencia del sistema, tomando en cuenta los acontecimientos publicados por el nivel 4, el sistema reacciona y decide la acción a ejecutar. Por ejemplo, una vez que es detectado el estado de ánimo del adulto mayor, el sistema puede variar la iluminación, mover las persianas, cambiar la música además de que el robot puede interactuar con ellos de una forma adecuada.

Nivel 6 Fisión multimodal. Este nivel define el resultado particular de una acción. El componente de fisión multimodal acepta acciones y lo divide en varios comandos. Cada comando es direccionado a diferentes actuadores en el ambiente. Por instancia, si la acción es crear un ambiente de relajación, la fisión multimodal podrá publicar comandos dirigidos a atenuar las luces, proyectar colores cálidos, poner música placentera y el robot podrá tener una conversación acerca del clima.

Nivel 7. Actuación. Este nivel es la contraparte del nivel 1, en este caso los módulos se comunican con los actuadores y envían los comandos apropiados. Los módulos de este nivel consumen comandos

publicados por el nivel de fisión. Mientras tanto, no hay información que se envíe a otros niveles, pero escribe instrucciones de bajo nivel a los componentes de hardware. Por ejemplo, el módulo de conversión de texto a voz recibe la orden "decir hola" que se transforma en instrucciones de bajo nivel que sintetizan "hola" a través de los altavoces.

Implementación

Actualmente los autores se encuentran trabajando en la implementación la cual están realizando mediante el middleware ROS, que permite una fácil integración de componentes. En los niveles de adquisición y extracción de características, los desarrolladores están trabajando con diferentes fuentes de información, 3D, RGB y audio. Lo anterior permite detectar al usuario y entender qué dice al dialogar con el sistema.

Hasta ahora se realiza la interacción con un robot, que posee un sistema de diálogo y es capaz de comunicarse con el usuario y responder a algunas necesidades básicas. La parte de detección de emociones la lleva un equipo de psicólogos y se encuentran actualmente estudiando técnicas para el reconocimiento de emociones.

3.5 eSeniorCare [11]

Descripción general

El objetivo principal del framework llamado "eSeniorCare" es hacer frente a la gestión de las enfermedades crónicas, al mantenimiento de la salud física y mental, así como al compromiso social que afectan a los adultos mayores. Es una plataforma móvil en la cual se pueden realizar la programación de la medicación y el seguimiento de las actividades diarias.

Arquitectura

La aplicación de cuidado de la salud basada en teléfonos inteligentes tendrá los siguientes módulos:

Observaciones de la vida diaria. La información sobre las actividades diarias como el ejercicio, la dieta, el estado de ánimo, y los patrones de sueño tienen relación con la salud y puede proporcionar a los médicos más información útil, y ayudar en la toma de decisiones.

Como parte de esta función, se le pedirá al usuario responder a ciertas preguntas en la mañana y en la noche. Las preguntas se refieren a la mañana sus planes para el día, mientras que las preguntas de la tarde se refieren a lo que hicieron ese día. Los usuarios pueden programar recordatorios para responder a las preguntas de la mañana y de la tarde, ya que pueden no recordar responder a las preguntas.

Programación y administración de medicamentos. La aplicación ayuda a los adultos mayores en la planificación de medicamentos recetados y proporciona recordatorios de medicamentos diarios. Los usuarios recibirán recordatorios de medicamentos 5 minutos antes de su tiempo prescrito.

El recordatorio proporciona una lista con la siguiente información:

1. Nombre del medicamento
2. Información de la dosis: cantidad y unidad
3. Audio: decir el nombre de la píldora
4. Imagen de la píldora
5. Check box para confirmar que se haya tomado el medicamento

Una imagen ampliada de la píldora puede ayudar a los usuarios a identificar mejor la píldora que se tomará como en casi todos los casos, las personas identifican las píldoras por su color, tamaño y forma y no por su nombre.

Relleno de medicamentos e integración de cuidadores. Cualquier medicamento perdido es reportado a los cuidadores a través de un portal web, si cualquier casilla de verificación asociada con un medicamento no está marcada, el usuario tiene que confirmar si la casilla de verificación no se ha marcado por error.

La aplicación también tendrá un botón llamado "Recarga de medicamentos". Al hacer clic en este botón, se proporciona una lista de los medicamentos recargables del usuario. De esta lista, el usuario puede seleccionar los que requieren una recarga. Si la fecha de recarga calculada hace coincidencia con la fecha solicitada, se les notificará a los cuidadores a través del portal para que tomen la acción necesaria.

Implementación

Los autores desarrollaron una primera fase de la aplicación basada en Android con las siguientes funcionalidades:

- Presentar las respuestas de las encuestas de mañana y tarde
- Configurar recordatorios para encuestas de mañana y tarde

Para la implementación del software los autores utilizaron una Samsung Galaxy Tab 2 7.0, en la primera versión sólo se implementó el componente "*Observaciones de la vida diaria*" con el fin de estudiar por separado los efectos de cada componente en la mejora de la calidad de vida de los adultos mayores.

Así mismo se desarrolló un portal web para realizar actualizaciones sobre medicamentos perdidos y recordatorios en recargas. También este portal web se utiliza para la entrada de datos a través de una conexión HTTPS (Protocolo seguro de transferencia de hipertexto). La aplicación tuvo que ser diseñada de manera que el WiFi sólo se requiere para la sincronización del servidor. Por lo cual la aplicación cuenta con una base de datos local que almacena las respuestas y preguntas a visualizar.

Pruebas

En la fase piloto se seleccionaron 15 pacientes de un total de 72 residentes de una estancia de adultos mayores, se les proporcionó una tablet con el prototipo de la aplicación. Los participantes fueron seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios:

- Diagnosticado con al menos una condición crónica
- Prescripción con al menos un medicamento
- Dominio del Inglés

Resultados

En una primera sesión de retroalimentación que se realizó, se observó que cada grupo de edad expresa diferentes perspectivas sobre la misma cuestión. Algunos de los temas eran sobre la interpretación de las palabras utilizadas en las preguntas de mañana y tarde. Lo que los autores notaron con esa primera fase de pruebas es que debían ser más específicos en las palabras que utilizan en la aplicación y el significado que les dan los adultos mayores. La siguiente fase será el lanzamiento de la aplicación con "Programación y administración de medicamentos".

3.6 Sistema de monitoreo de actividad en interiores [10]

Descripción general

En este trabajo, se desarrolla un sistema de monitoreo de actividad en interiores para personas mayores mediante el uso de la tecnología RFID y una pulsera Fitbit Flex. El sistema que proponen los autores está destinado para su uso en familias con personas de edad avanzada que necesitan un seguimiento continuo.

Para identificar a los adultos mayores y el área de actividad los autores utilizan un filtrado de promedio de movimientos y el algoritmo k-nearest neighbor(KNN). Además, la pulsera FitBit Flex cuenta con un

acelerómetro de 3 ejes que se utiliza para extraer el gasto energético preciso de la actividad diaria. Con estos componentes se crean patrones de comportamiento del adulto mayor.

Arquitectura

El sistema posee una arquitectura cliente servidor. El lado del cliente se encuentra ubicado en la casa del adulto mayor y se compone de los lectores y etiquetas RFID activos, la pulsera Fitbit Flex y un servidor SQL. El adulto mayor utiliza una etiqueta RFID activa y la pulsera para el monitoreo de la actividad. Por otro lado, en el lado del servidor se encuentra un centro de salud y los usuarios remotos.

Las funciones principales de los componentes que conforman el sistema son las siguientes:

1. Lectores RFID y las etiquetas activas identifican al adulto mayor y el lugar donde se encuentra.
2. La pulsera mide los pasos y la energía gastada por el adulto mayor, estos datos se envían al servidor vía Bluetooth.
3. El Gateway extrae la información del servidor SQL y envía los datos al servidor remoto.
4. El centro de salud recibe y almacena los datos recibidos.
5. Los usuarios remotos autorizados pueden tener un dispositivo móvil para acceder al servidor del centro de salud para checar el estado de salud del adulto mayor.

Con los patrones generados a partir de los datos obtenidos por la pulsera y los lectores RFID, el sistema es capaz de notificar a los cuidadores si detecta alguna anomalía en los patrones generados, por ejemplo, que exista gran actividad de manera repentina o que no exista ningún tipo de actividad por varias horas. El usuario puede utilizar la interfaz gráfica del sistema para consultar, por ejemplo, la distancia caminada, el gasto de calorías, cuanto tiempo ha dormido, etc.

Pruebas

Para probar el sistema se necesitó de una persona voluntaria. Se instalaron lectores RFID en las habitaciones de la casa 1) Recámara, 2) Sala y 3) Baño. El voluntario usó la pulsera y la etiqueta RFID por ocho semanas. Se obtuvieron un total de 7.730 vectores de referencia en los puntos establecidos. La precisión de identificación de la actividad obtenida se realizó mediante filtrado de promedio de movimiento y el algoritmo k-nearest neighbor(KNN).

Resultados

Los resultados experimentales demuestran que la técnica de filtrado de movimiento logra el mejor rendimiento de 98,89% cuando el número de la muestra es de 10. Por otro lado, el algoritmo KNN alcanza mejor rendimiento de 96,84% con $k = 30$. Los autores concluyen que es mejor utilizar la técnica de filtrado promedio de movimiento.

3.7 Sistema de monitoreo para cuidadores de adultos mayores [12]

Descripción general

En este trabajo de investigación se desarrolla un framework basado en el enfoque de vida cotidiana asistida por el entorno. La arquitectura de esta herramienta incluye un dispositivo móvil (teléfono inteligente o tablet) que interactúa a través de Bluetooth con dispositivos portátiles, tales como un zapato, llamado SmartShoe, equipado con GPS y una banda de pecho con varios sensores que permiten la recolección de electrocardiograma, la frecuencia respiratoria y pulso electromagnético, entre otros.

Arquitectura

El sistema que proponen los autores incluye las siguientes aplicaciones:

- Aplicación móvil para el monitoreo de detección de caídas
- Aplicación móvil de monitoreo en exteriores
- Aplicación móvil de monitoreo en interiores

A continuación, se describen brevemente las aplicaciones que proponen los autores:

Aplicación móvil para el monitoreo para detección de caídas. Se trata de una aplicación móvil llamada SensorFall que fue diseñada para cuidadores de adultos mayores, esta aplicación utiliza el acelerómetro que ya están incluidos en los teléfonos inteligentes para monitorear y evaluar la aceleración causada por una caída, también con ayuda del sensor GPS es capaz de encontrar la ubicación para enviar ayuda en caso de ser necesaria.

Sistema de localización en exteriores. Esta solución se basa en un zapato, llamado SmartShoe, equipado con la tarjeta Bluetooth y un receptor GPS. El receptor GPS SmartShoe recibe y envía las coordenadas de ubicación del usuario, a través de Bluetooth, a un dispositivo móvil. Así, el dispositivo móvil envía la ubicación del usuario, vía internet a través de los servicios web a una base de datos externa para el almacenamiento de datos.

La plataforma Web SmartShoe mantiene el seguimiento en tiempo real de los usuarios y se muestran a través de la aplicación de Google Maps. Los médicos también pueden gestionar el perímetro de seguridad de usuario. Este perímetro define un área geográfica para un usuario, (es decir, jardín, playa, una ubicación específica, etc.). Si el usuario sale de este perímetro, se genera una alerta de mensaje de texto y sonido de alerta. La plataforma también mostrará estas alertas. Si el usuario está utilizando el zapato, la plataforma también mostrará alertas con la última posición registrada.

Sistema de monitoreo en interiores. Es una aplicación móvil diseñada para cuidadores, se llama PatientCare, permite realizar un monitoreo a distancia en cualquier momento y en cualquier lugar. Para que el monitoreo pueda llevarse a cabo correctamente, se instalan sensores en la casa del adulto mayor, los sensores envían los datos recolectados en tiempo real a la base de datos para que cuidador tenga acceso a ellos y en caso de que exista algún valor anormal a los registrados con anterioridad, se genera una alerta.

Pruebas

En la fecha que se hizo el análisis del estado del arte para este trabajo de investigación los autores de este trabajo aun no realizan pruebas con usuarios reales.

3.9 Resumen del estado del arte

En este capítulo se han descrito varios trabajos relacionados al trabajo de investigación que presentamos en esta tesis.

Se encontró que las aplicaciones móviles pueden ayudar a las personas mayores en la gestión de sus actividades diarias y el compromiso social. Las aplicaciones móviles promueven la autogestión y, por lo tanto, ayudan a las personas mayores a vivir de forma independiente. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el uso de la tecnología no puede eliminar por completo la intervención humana para la gestión de las enfermedades ni las interacciones sociales.

A continuación, se muestra una tabla comparativa de los trabajos que han sido analizados. Los criterios tomados en cuenta son los siguientes:

- **Medio de interacción social:** Esta columna hace referencia a los recursos que se utilizan para la interacción social del adulto mayor con amigos, familiares y personal de cuidados.

- **Nombre del trabajo:** Nombre del sistema desarrollado o en su defecto se indica el nombre del trabajo y los autores.
- **Objetivo:** Se describe de forma breve el propósito de la investigación realizada.
- **Recursos utilizados:** Se refiere al componente o conjunto de componentes tecnológicos que se están empleando en la implementación del sistema.

Tabla 3-1 Tabla comparativa de los trabajos relacionados.

Medio de interacción social	Nombre del trabajo	Objetivo	Recursos utilizados
Robots	iPhonoid [7]	Llevar a cabo una comunicación tanto verbal como no verbal a través de un robot para que sea capaz de entender a un humano.	Teléfono inteligente Sistemas embebidos Red de sensores Sistema web Robot
Pantallas Ambientales	Periódico Electrónico Familiar [8]	Proporcionar un sistema basado en tecnología móvil que se centra en el apoyo a la relación entre los adultos mayores que viven solos en México y sus familiares que viven en el extranjero.	Tablet Servicios Web
Red de Sensores inalámbricos en Casas inteligentes	Sistema de reconocimiento y regulación de emociones en adultos mayores [9]	Se proporciona la interacción con un robot social para regular las emociones de los adultos mayores hacia una emoción positiva.	Sensores y actuadores
	Sistema de monitoreo de actividad en interiores [10]	Proporcionar un sistema de monitoreo de actividad en interiores para personas mayores.	Tecnología RFID Pulsera Fitbit Flex.
Aplicaciones Móviles	eSeniorCare [11]	Es una plataforma móvil en la cual se pueden realizar la programación de la medicación y el seguimiento de las actividades diarias.	Dispositivos móviles Red de sensores
	Sistema de monitoreo para cuidadores de adultos mayores [12]	Proporcionar un sistema de localización para exteriores para adultos mayores.	Dispositivos portátiles equipados con Bluetooth Tecnología GPS
	Tesis: Implementación automática de un modelo de detección de aislamiento social en adultos mayores	Implementar un modelo de detección de aislamiento social en un sistema de software que permita extraer de manera automática a través de la Inteligencia Ambiental los valores de las variables relevantes del modelo predictivo utilizado.	Teléfono inteligente Beacons GPS

Capítulo 4

Metodología de

solución

En este capítulo se describe de manera detallada de cada una de las fases que conforman la metodología de solución propuesta en este trabajo de investigación.

4.1 Metodología

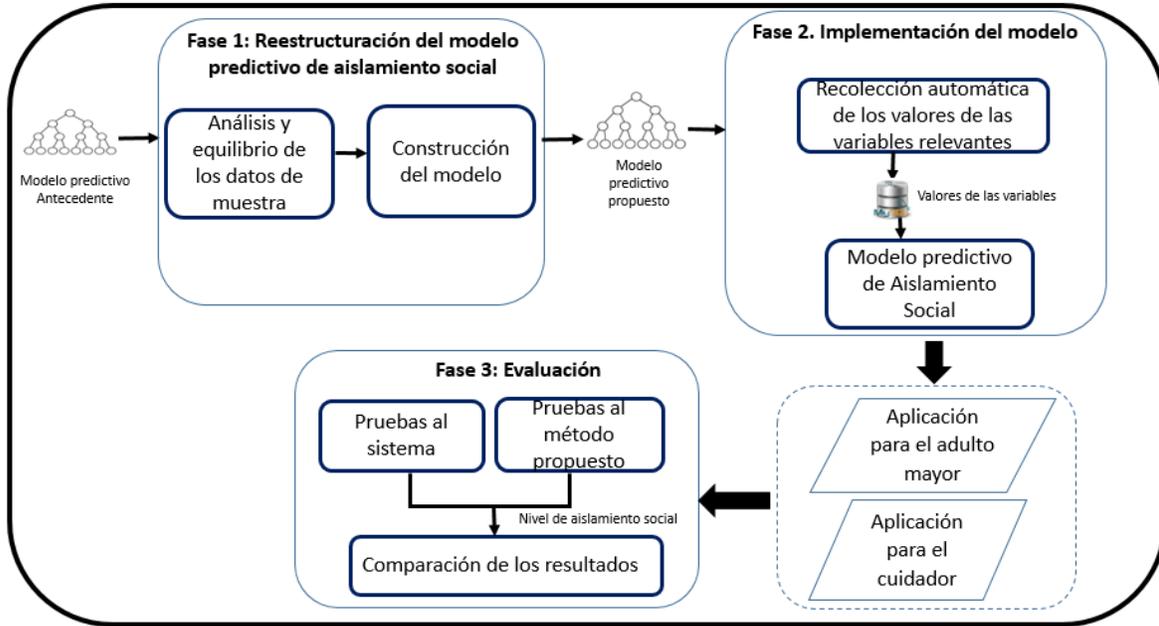


Figura 4.1 Metodología de solución propuesta.

4.2 Fase 1: Reestructuración del modelo predictivo de aislamiento social. En la primera fase de la metodología de solución se reestructuró el modelo propuesto por el trabajo anterior (Campos, 2015) ya que una de las variables relevantes ya no pudo ser ocupada debido a cuestiones de privacidad, siguiendo la metodología del autor se obtuvo un nuevo modelo de detección de aislamiento social el cual sirve de entrada a la fase dos.

La fase 1, recibe como entrada el modelo predictivo de aislamiento social presentado por (Campos, 2015) y que se muestra en la Figura 4.2. Este modelo incluye además las variables relevantes.

4.2.1 Análisis y equilibrio de los datos. Para implementar el modelo de detección de Aislamiento Social en adultos mayores se siguió la metodología proporcionada en el trabajo anterior [5] y se utilizaron también los 144 datos de entrenamiento que fueron recolectados en ese trabajo, el concentrado de los resultados puede ser recuperado en <http://goo.gl/2p3G2o>.

Equilibrio de los datos

Un conjunto de datos está desequilibrado si las categorías de clasificación no están representadas por igual. El desequilibrio entre estos datos de la clase podría tener un impacto en algunos algoritmos de clasificación, por lo general con un sesgo hacia la predicción de la clase mayoritaria. Por lo tanto, se requiere aplicar al conjunto de datos de entrenamiento una técnica de equilibrio de conjunto de datos.

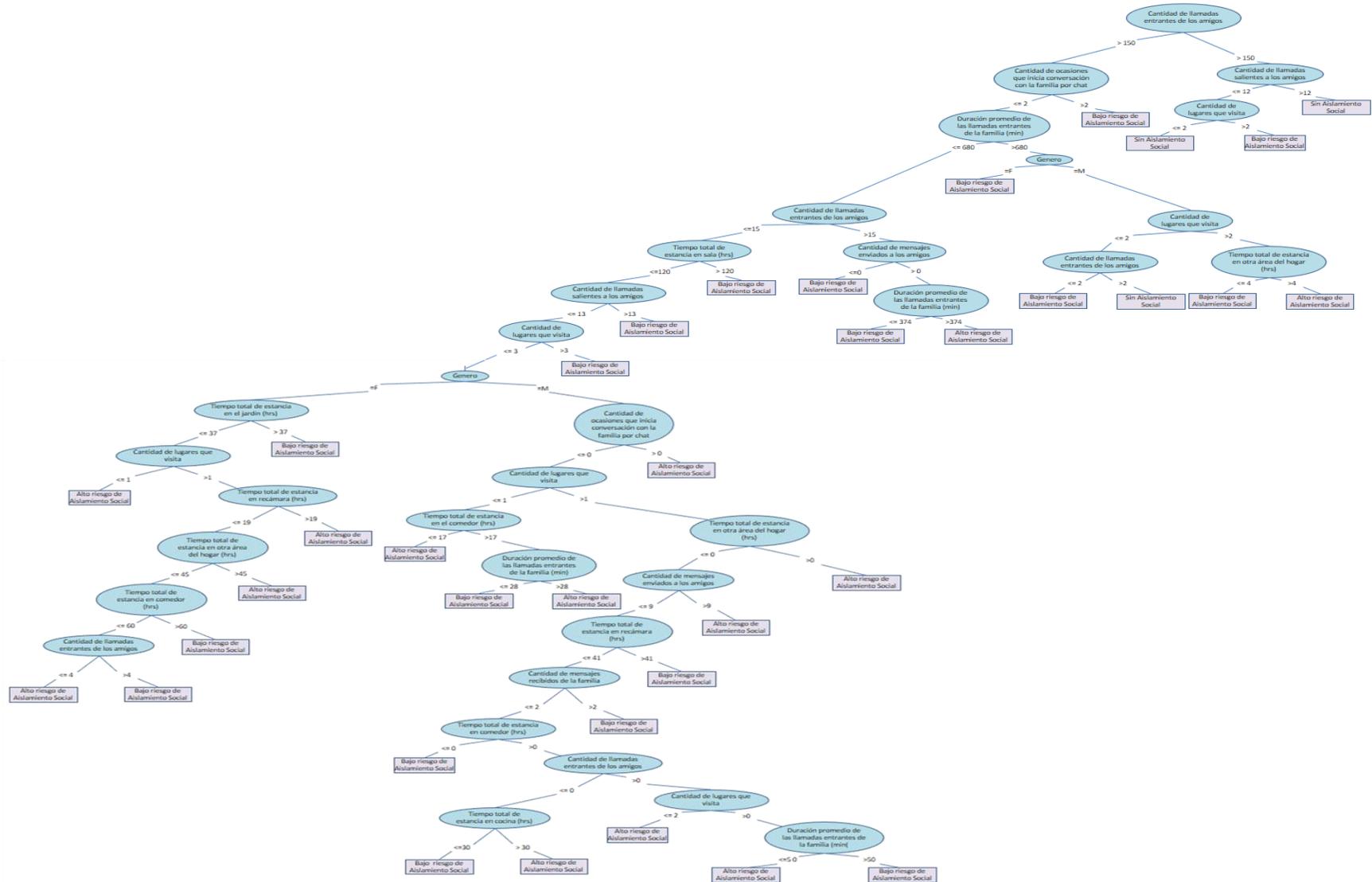


Figura 4.2 Modelo predictivo basado en árboles de decisión [5]

Con el fin de manejar el desequilibrio, el conjunto de datos se vuelve a muestrear mediante la aplicación de la técnica de la minoría sintética sobre muestreo (SMOTE). SMOTE es una técnica estadística utilizada para aumentar el número de casos en el conjunto de datos de una manera equilibrada, genera nuevas instancias a partir de los casos existentes que se proporcionan como entrada, las nuevas instancias se crean tomando muestras del espacio de características para cada clase de destino y sus vecinos más cercanos y generando nuevos ejemplos que combinan características del caso de destino con características de sus vecinos [24]. La Tabla 4.1 muestra el conjunto de datos antes y después de aplicar SMOTE a los datos recolectados. En los datos originales tres adultos presentaron aislamiento social nulo, 93 presentaron un nivel bajo y 48 un nivel alto. Una vez que se aplica la técnica de SMOTE, los datos se encuentran equilibrados, se generan 192 instancias con aislamiento social Nulo, 186 con Bajo y 192 con Alto.

Tabla 4-1 Cantidad de instancias antes y después de aplicar la técnica de remuestreo.

Riesgo de aislamiento social	Nulo	Bajo	Alto	Total
Antes de SMOTE	3	93	48	144
Después de SMOTE	192	186	192	570

Construcción del modelo

La construcción del modelo se realizó una vez que se tuvieron equilibrados los datos. para hacer la reestructuración del modelo se utilizó la herramienta de minería de datos WEKA.

La herramienta, Ambiente Waikato para el Análisis de Conocimiento (WEKA por sus siglas en inglés) [25] es un entorno de experimentación de análisis de datos. Contiene una colección de algoritmos de aprendizaje máquina que permite aplicar, analizar y evaluar tareas de minería de datos como pre-procesamiento, clasificación, agrupación, asociación, selección de atributos y visualización.

WEKA dispone de varios algoritmos clasificadores. El que se utilizó para el modelo de detección fue el siguiente:

- **C4.5 (J48)**. Es un algoritmo clasificador que genera un árbol de decisión a partir de los datos mediante particiones realizadas recursivamente. Tiene la opción de generar árboles podados (*pruned*) y no podados (*unpruned*), es decir, tiene la posibilidad de generar modelos más generales. El árbol generado contiene nodos y en cada uno de ellos se debe cumplir un criterio para pasar al siguiente nodo. Así se va recorriendo el árbol hasta llegar a una hoja, al cual representa la clase que predice.

El modelo de detección de aislamiento social resultante y el cual se implementó en la aplicación del adulto mayor se muestra en la Figura 4.3. El modelo predictivo mostrado en la figura 4.4 está basado en un árbol binario, en donde la determinación del grado de riesgo de aislamientos social se realiza recorriendo el árbol nodo por nodo, hasta llegar a la hoja que indica el nivel aislamiento social: alto, bajo o nulo. Cada nodo del árbol representa un atributo relevante (actividad de interacción social). El recorrido se inicia en el primer nodo localizado en la parte superior del árbol. Se decide avanzar hacia un lado u otro del nodo, mediante las condiciones que posee cada rama. Esta condición se evalúa de acuerdo al valor del atributo. Se continúa recorriendo el árbol de la misma manera, nodo por nodo, evaluando las condiciones de las ramas, hasta llegar a una hoja. El grado de aislamiento social es el que indique la hoja final.

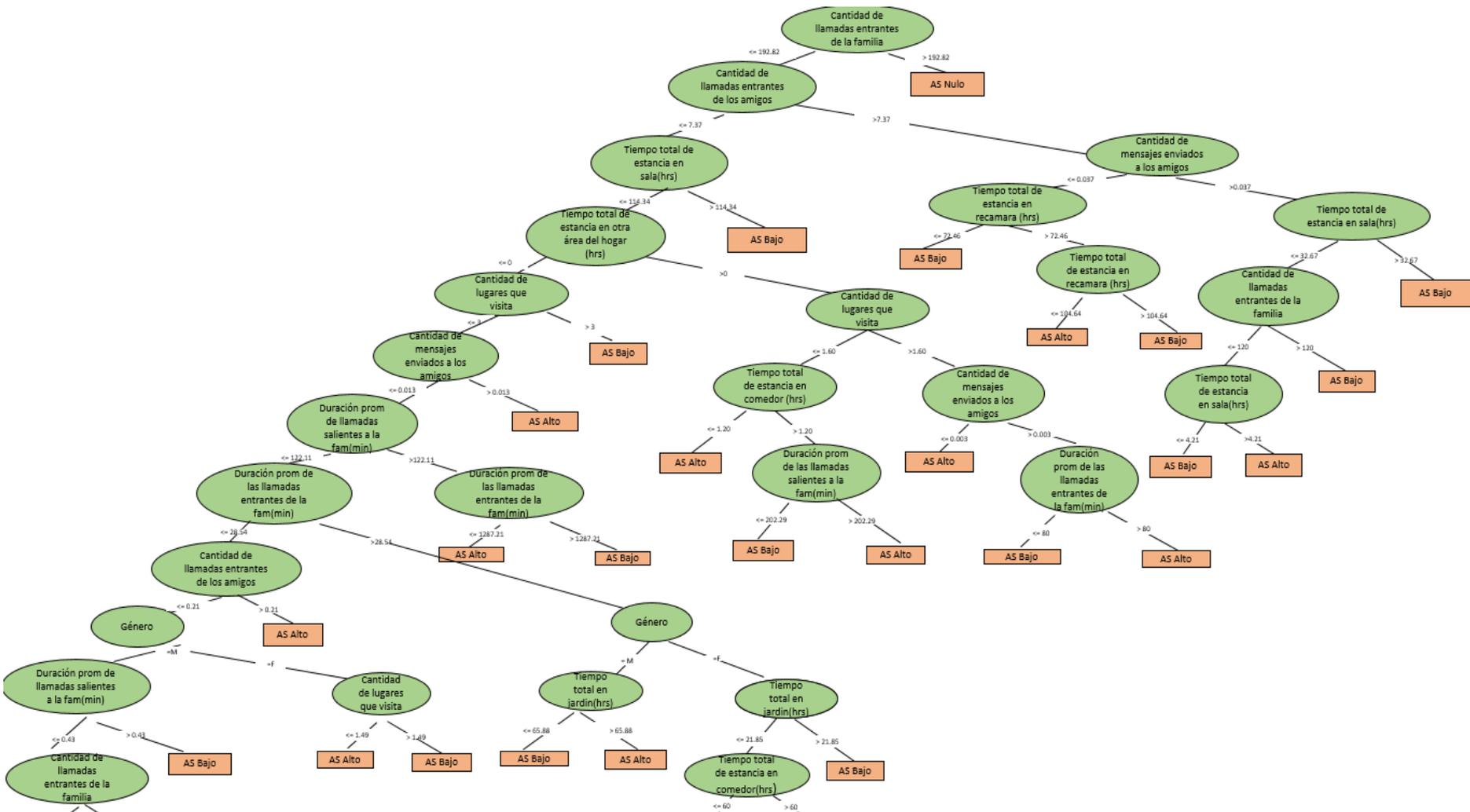


Figura 4.3 Modelo predictivo de aislamiento social basado en árboles de decisión.

4.2 Fase 2: Implementación del modelo.

En la segunda fase de la metodología de solución se realizó el desarrollo de las aplicaciones móviles, la primera de ellas permite realizar la recolección de manera automática de las variables relevantes del modelo predictivo e implementar el modelo predictivo propuesto el cual permite detectar el nivel de aislamiento social con base en los datos recolectados por la aplicación diseñada para el adulto mayor. La segunda aplicación permite que el cuidador del adulto mayor pueda estar enterados del grado de aislamiento social que presenta.

4.2.1 Recolección automática de datos.

Para la aplicación principal que es la que fue diseñada por el adulto mayor, se realiza una recolección de los valores de las variables que resultaron relevante, dicha recolección se realiza de forma automática, la figura 4.2 muestra los módulos que comprenden esta recolección automática de datos:

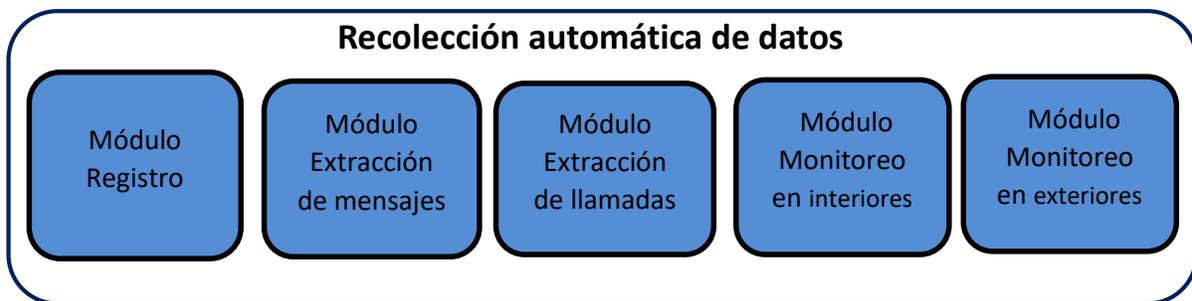


Figura 4.4 Módulos que conforman la Recolección automática de datos

A continuación, se listan cada uno de los módulos y las variables que recolectan:

Módulo Registro: En este módulo se obtienen todos los datos del adulto mayor, así como la identificación de sus contactos (familiares y amigos). Los datos a obtener son los siguientes:

- Alias del adulto mayor
- Edad
- Género

Módulo Extracción de llamadas: En este módulo se obtiene toda la información de las llamadas del adulto mayor. Se obtiene el registro de las llamadas de entrada y salida, con lo cual se obtienen las siguientes variables:

- Cantidad de llamadas entrantes de la familia
- Duración promedio de las llamadas entrantes de la familia (min)
- Duración promedio de las llamadas salientes a la familia (min)
- Cantidad de llamadas entrantes de los amigos

Módulo Extracción de mensajes: En este módulo se obtiene toda la información de los mensajes de texto del adulto mayor. Se obtiene el registro de los mensajes de entrada y salida, con lo cual se obtienen las siguientes variables:

- Cantidad de mensajes enviados a los amigos
- Cantidad de mensajes recibidos de la familia

Módulo de Monitoreo en interiores. En este módulo se realiza el monitoreo de las actividades de localización del adulto mayor dentro de su hogar. Las variables que se obtienen a partir de este módulo son los siguientes:

- Tiempo total de estancia en recámara (hrs)
- Tiempo total de estancia en sala (hrs)
- Tiempo total de estancia en comedor (hrs)
- Tiempo total de estancia en jardín (hrs)
- Tiempo total de estancia en otra área del hogar (hrs)

Módulo de Monitoreo en exteriores. En este módulo se realiza el monitoreo de las actividades de localización del adulto mayor fuera de su hogar. La variable que se obtiene a partir de este módulo es:

- Cantidad de lugares que visita

Dentro de la fase dos de la metodología también se incluye el desarrollo de la aplicación móvil para el cuidador, esta aplicación contiene los siguientes módulos:

Módulo de Registro. En este módulo se solicitan los datos del cuidador para que posteriormente se le indique al adulto mayor quien tiene acceso a sus datos, los datos del cuidador que se recolectan en este módulo son:

- Nombre completo
- Edad
- Género

Módulo de Monitoreo. En este módulo es donde la aplicación muestra al cuidador la información que ha sido recolectada del adulto mayor.

4.3 Fase 3. Evaluación

En esta fase se realizaron dos tipos de pruebas del enfoque propuesto: A) pruebas al sistema, que consiste en realizar pruebas funcionales a las dos aplicaciones desarrolladas y posteriormente a un grupo de control. B) aplicación de la escala de Lubben para contrastar los resultados obtenidos por la aplicación.

4.3.1 Pruebas al sistema

Para este tipo de pruebas se realizaron pruebas funcionales a la aplicación del adulto mayor y del cuidador. Las pruebas estuvieron basadas en el estándar IEEE 829-2008.

4.3.2 Pruebas al método propuesto

Las pruebas al método propuesto consistieron en que después de evaluar el correcto funcionamiento del sistema, se seleccionó a un grupo de adultos mayores, se monitorearon sus actividades, y finalmente se aplicó una encuesta bajo un instrumento psicológico.

El instrumento psicológico utilizado es una escala de valoración de aislamiento social, **Lubben Social Network Scale** [26], la cual posee las siguientes características:

- Hace diferencia entre familiares y amigos
- Contiene 6 reactivos
- Versión en español

Esta escala consta de 6 preguntas tipo likert con un rango de puntuación de 0 a 30, donde 30 puntos indican la ausencia de aislamiento social, 12 puntos o más, indican un bajo riesgo de aislamiento social y menos de 12 puntos un alto riesgo de aislamiento social [6]. Además, esta escala cuenta con una versión en español, adecuada al perfil del grupo de estudio. La tabla 4.1 muestra los reactivos de la Escala de Red Social de Lubben.

Tabla 4-2 Escala de Red Social de Lubben

<i>FAMILIARES: Teniendo en cuenta a las personas con las que usted está relacionado ya sea por nacimiento, casamiento, adopción, etc.</i>						
1. ¿Con cuántos parientes se encuentra o tiene noticias de ellos, por lo menos, una vez por mes? <i>0 = ninguno 1 = uno 2 = dos 3 = tres o cuatro 4 = de cinco a ocho 5 = nueve o más</i>						
2. ¿Con cuántos parientes se siente lo suficientemente cómodo como para conversar sobre sus asuntos personales? <i>0 = ninguno 1 = uno 2 = dos 3 = tres o cuatro 4 = de cinco a ocho 5 = nueve o más</i>						
3. ¿A cuántos parientes siente lo suficientemente cercanos como para llamarlos cuando necesita ayuda? <i>0 = ninguno 1 = uno 2 = dos 3 = tres o cuatro 4 = de cinco a ocho 5 = nueve o más</i>						
<i>AMISTADES: Teniendo en cuenta a todos sus amigos, inclusive a aquellos que viven en su vecindario(vecinos)</i>						
4. ¿Con cuántos amigos se encuentra o tiene noticias de ellos, por lo menos, una vez por mes? <i>0 = ninguno 1 = uno 2 = dos 3 = tres o cuatro 4 = de cinco a ocho 5 = nueve o más</i>						
5. ¿Con cuántos amigos se siente lo suficientemente cómodo como para conversar sobre sus asuntos personales? <i>0 = ninguno 1 = uno 2 = dos 3 = tres o cuatro 4 = de cinco a ocho 5 = nueve o más</i>						
6. ¿A cuántos amigos siente lo suficientemente cercanos como para llamarlos cuando necesita ayuda? <i>0 = ninguno 1 = uno 2 = dos 3 = tres o cuatro 4 = de cinco a ocho 5 = nueve o más</i>						
Puntuación	Total de puntos:		Interpretación			
			Aislamiento social:	Alto(<12 puntos)	Bajo(>=12 puntos y <30 puntos)	Nulo (>=30 puntos)

Capítulo 5

Desarrollo del sistema

Este capítulo presenta una descripción detallada de la arquitectura y la implementación de las aplicaciones desarrolladas que conforman el sistema. El sistema fue desarrollado teniendo en cuanta las variables relevantes que son necesarias para detectar el aislamiento social en adultos mayores y que fueron proporcionadas por el trabajo antecedente [5]. En la tabla 5.1 se muestran dichas variables.

Tabla 5-1 Atributos relevante proporcionados en el trabajo antecedente [5]

Tipo de interacción	Variable relevante
Variables de Comunicación	Cantidad de llamadas entrantes de la familia
	Duración promedio de las llamadas entrantes de la familia (min)
	Cantidad de llamadas entrantes de los amigos
	Duración promedio de las llamadas salientes a la familia (min)
	Cantidad de mensajes enviados a los amigos
	Cantidad de mensajes recibidos de la familia
Variables de Movilidad	Tiempo total de estancia en recámara (hrs)
	Tiempo total de estancia en sala (hrs)
	Tiempo total de estancia en comedor (hrs)
	Tiempo total de estancia en jardín (hrs)
	Tiempo total de estancia en otra área del hogar (hrs)
Cantidad de lugares que visita	
Variable demográfica	Género

El sistema está compuesto por dos aplicaciones, la aplicación principal, la que extrae los valores de las variables del teléfono del adulto mayor, es capaz de monitorear las actividades del adulto mayor y determinar el nivel de aislamiento social que presenta. Por otro lado, en la aplicación diseñada para el cuidador del adulto mayor, se puede visualizar el grado de aislamiento que ha sido detectado mediante el modelo implementado.

Las aplicaciones desarrolladas corren bajo el sistema operativo Android, desde la versión 4.3 Jelly Bean hasta la versión 6.0 Marshmallow. Para el desarrollo se utilizó la herramienta de desarrollo Android Studio.

5.1 Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema es de tipo cliente-servidor. Las aplicaciones cliente, son aplicaciones móviles desarrolladas en el sistema operativo Android. Los objetivos principales de la aplicación desarrollada para monitorear la actividad del adulto mayor son los siguientes:

- 1) Extraer la información del teléfono móvil relacionada a las llamadas y mensajes de texto.
- 2) Realizar el vínculo entre hardware externo (Beacons) para extraer información de monitoreo.
- 3) Realizar el vínculo entre la aplicación móvil y el servidor de base de datos mediante la utilización de servicios web.
- 4) Mostrar frases motivacionales al adulto mayor, que dependen del grado de aislamiento social detectado.

La aplicación diseñada para el cuidador, visualiza el nivel de aislamiento social que presenta el adulto mayor y cumple con las siguientes funciones:

- 1) Implementa los servicios web que permiten extraer la información de la base de datos.
- 2) Presentar la información al usuario.

En el servidor web se encuentran alojados los servicios web y la base de base de datos. Las principales acciones que se ejecutan desde el servidor son las siguientes:

- 1) Implementar los servicios web que permitan extraer la información de las variables relevantes del teléfono móvil para almacenarla en la base de datos y que posteriormente permitan extraer la información que es mostrada al cuidador.
- 2) Proporcionar información, a la aplicación móvil del adulto mayor, para que se ejecute el sistema que implementa el modelo de detección de aislamiento social.

La arquitectura del sistema se muestra en la Figura 5.1.

5.2 Desarrollo e implementación de la aplicación móvil para el adulto mayor

La aplicación móvil para el adulto mayor está compuesta de diferentes módulos que en conjunto permiten detectar el nivel de aislamiento social en adultos mayores, para obtener la aplicación el usuario debe ingresar al siguiente link para descargar el archivo: <http://synapciainfo.com/ServiciosAdultos/index.php?r=Descarga/APKAdulto>. En las siguientes secciones se describen los módulos que conforman la aplicación móvil.

5.2.1 Módulo “Registro”

En el módulo “Registro” la aplicación obtiene los datos del adulto mayor. Las funciones específicas de este módulo son: 1) obtener los datos personales del adulto mayor y 2) guardar los números telefónicos de los familiares y amigos.

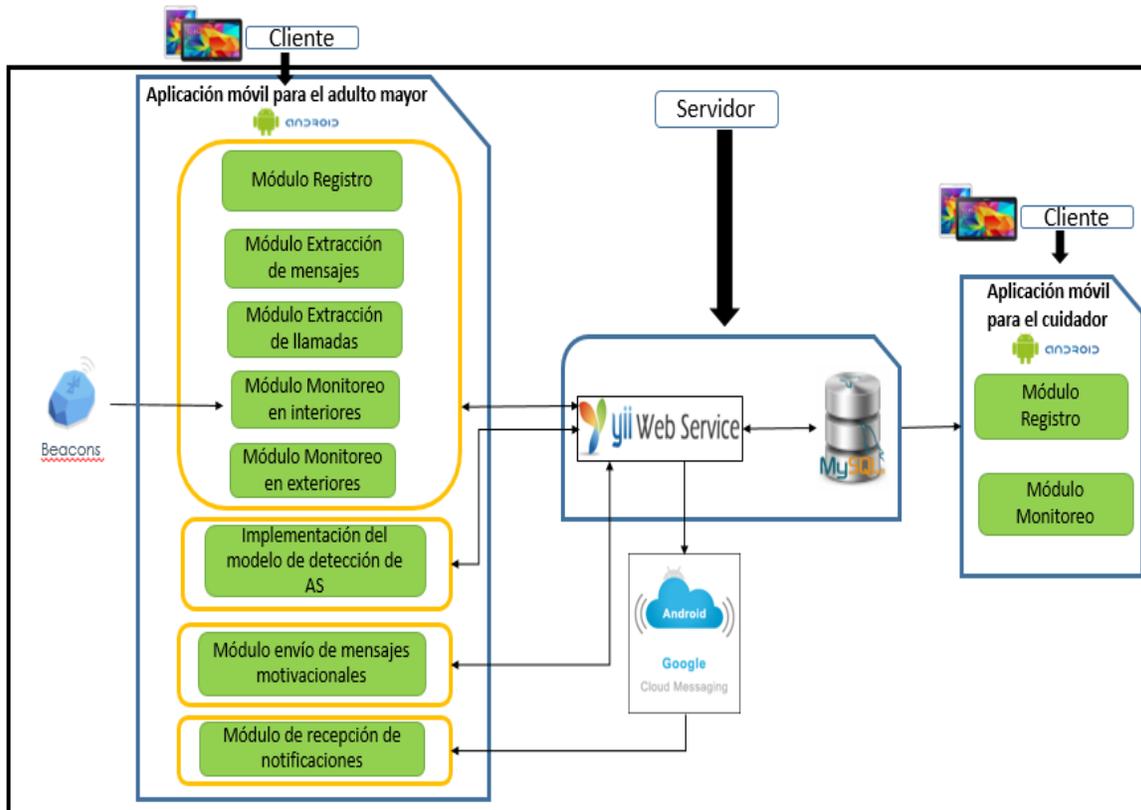


Figura 5.1 Arquitectura del sistema propuesto

Obtener los datos personales del adulto mayor

Los datos personales que obtiene la aplicación son: alias, edad y género. La Figura 5.2 muestra la interfaz para la obtención de los datos del adulto mayor.



Figura 5.2 Pantalla de Registro para el adulto mayor.

Guardar los números telefónicos de los familiares y amigos

Para realizar el registro es necesario añadir al menos un familiar o amigo con el cual el adulto mayor tenga contacto con más frecuencia. A continuación, se describe el proceso para dar de alta los números de los familiares y amigos:

- 1. El usuario debe dar clic en el ícono marcado en la Figura 5.3a para iniciar el proceso de alta de familiares y amigos.
- 2. En la pantalla “Familiares y amigos” el usuario debe presionar el botón para iniciar el alta de contactos. Ver Figura 5.3b.
- 3. El usuario puede dar de alta a sus familiares y/o amigos de forma manual, agregando los datos directamente, o dando clic en el ícono de la lupa para poder buscar los contactos que tenga agregados en su teléfono. En esta pantalla también se debe elegir si es un familiar amigo, la pantalla se muestra en la Figura 5.3c.

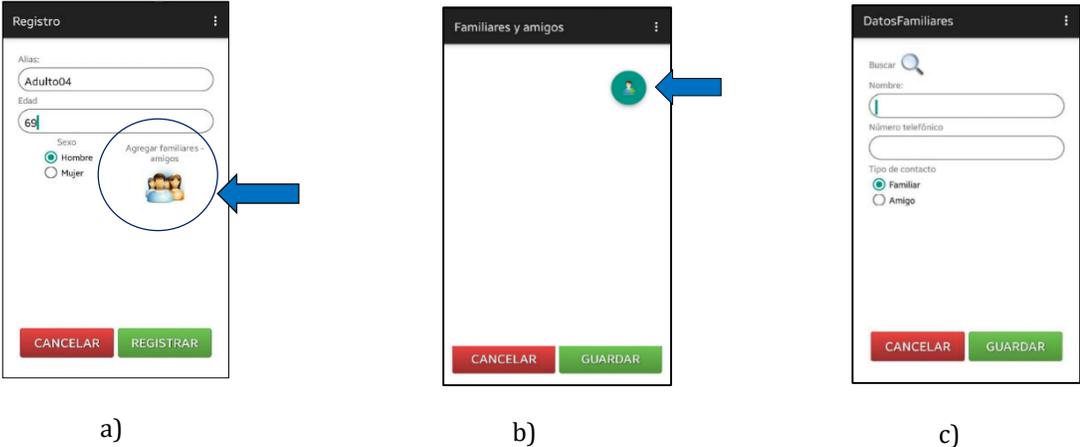


Figura 5.3 Pantallas para comenzar registro de familiares y amigos.

En la Figura 5.4 Se presentan las pantallas generadas en la búsqueda de contactos. El usuario puede elegir buscar el contacto de algún familiar o amigo. Una vez seleccionada la búsqueda, se le muestra al usuario la lista de contactos (Figura 5.4, inciso a). Cuando el usuario selecciona al contacto a añadir debe presionar el botón de guardar para que éste sea añadido al sistema, una vez que se ha terminado de agregar al contacto, el usuario debe presionar el botón “GUARDAR” como se muestra en la Figura 5.4, inciso b.

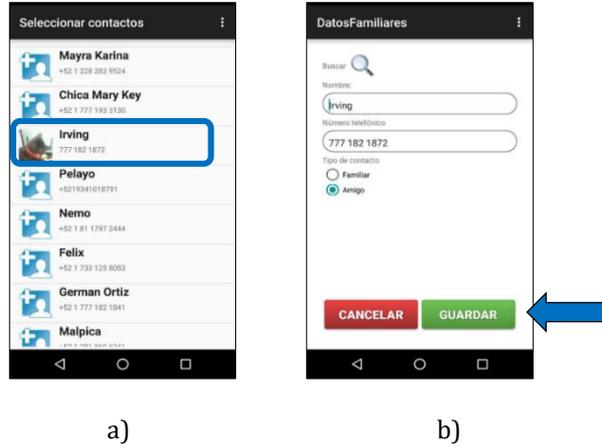


Figura 5.4 Lista de contactos agregados en el teléfono.

Se eligió un icono para identificar a los familiares y otro para los amigos, ver Figura 5.5:

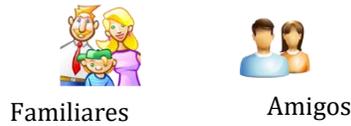


Figura 5.5 a) Icono para representar a los familiares b) Icono para representar a los amigos.

El usuario puede agregar los contactos que desee, para cada contacto agregado tiene las opciones de editar o eliminar su información (Figura 5.6, inciso a). Cuando termine de agregar todos los contactos, debe presionar la opción guardar, para almacenar la información en la base de datos como se muestra en la Figura 5.6, inciso b. Después de añadir a sus contactos, el usuario debe finalizar el proceso de registro, para hacerlo en la pantalla de “Registro”, presiona la opción “Registrar” (Figura 5.6, inciso c).

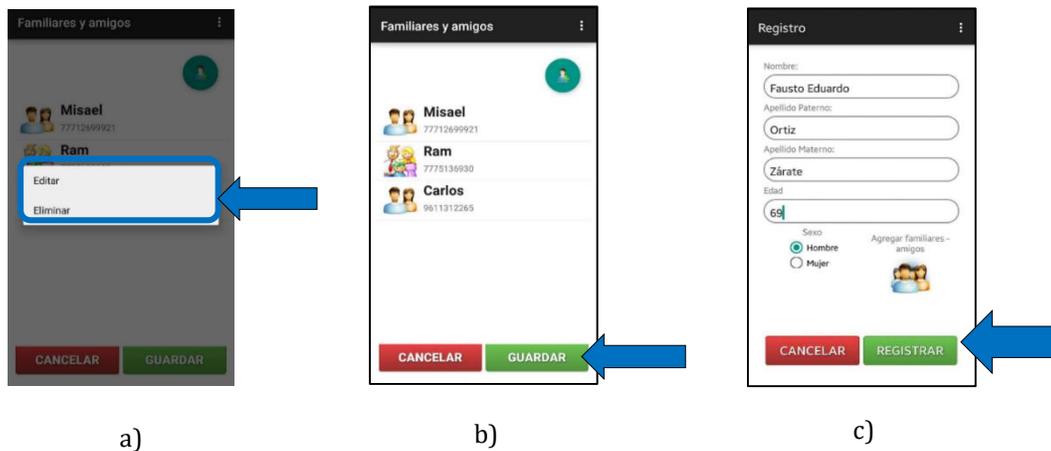


Figura 5.6 Pantallas para finalizar registro.

Cuando se ha terminado el proceso de registro, el adulto mayor visualiza la pantalla de bienvenida mostrada en la Figura 5.7, inciso a. Dentro de la aplicación el usuario únicamente tiene las siguientes opciones: “Editar contactos” y “Salir”. Por razones de seguridad él no puede enterarse de su nivel de aislamiento social detectado. En la Figura 5.7, inciso b podemos ver la pantalla descrita.

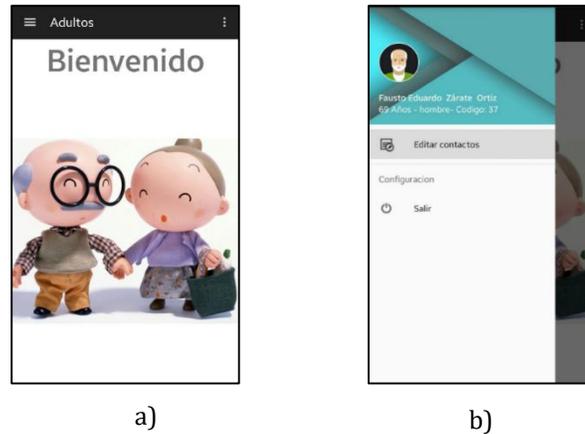


Figura 5.7 a) Pantalla de Bienvenida b) Menú de opciones.

5.2.2 Módulo “Extracción de mensajes”

En el módulo “Registro de mensajes” se obtiene toda la información de los mensajes del teléfono del adulto mayor. Las funciones específicas de este módulo son: 1) solicitar la información al teléfono, 2) obtener el tipo de contacto e 3) insertar la información en la base de datos. Este módulo no necesita interacción por parte del usuario, por lo tanto, trabaja en segundo plano.

- **Solicitar la información al teléfono**
El módulo registro de mensajes solicita la información de los mensajes del adulto mayor al Teléfonos inteligentes. Los datos que obtiene son: tipo de mensaje (enviado o recibido), fecha y número telefónico.
- **Obtener el tipo de contacto**
De acuerdo al número telefónico que se obtiene del Teléfonos inteligentes, en este módulo se determina si el mensaje fue de un familiar o amigo.

5.2.3 Módulo “Extracción de llamadas”

El módulo “Registro de Llamadas” obtiene toda la información de las llamadas del teléfono del adulto mayor. Las funciones específicas de este módulo son: 1) solicitar la información al teléfono, 2) obtener el tipo de contacto y 3) insertar la información en la base de datos, para extraer la información y almacenarla en la base de datos, se utilizaron los servicios web. Este módulo no necesita interacción por parte del usuario, por lo tanto, trabaja en segundo plano.

Solicitar la información al teléfono

El módulo registro de mensajes solicita la información de las llamadas del adulto mayor al Teléfonos inteligentes. Los datos que obtiene son: tipo de llamada (entrada, salida o perdida), fecha, duración de la llamada y número telefónico.

Obtener el tipo de contacto

De acuerdo al número telefónico que se obtiene del Teléfonos inteligentes, en este módulo se determina si la llamada fue de un familiar o amigo.

5.2.4 Módulo “Posicionamiento en interiores”

En este módulo se obtiene la información de la cantidad de tiempo, medido en horas, que el adulto mayor pasa en cada una de las habitaciones de su casa. Las funciones específicas de este módulo son: 1) realizar la conexión con el hardware externo (Beacons), 2) obtener el tiempo que el adulto mayor pasa en cada una de las habitaciones y 3) insertar la información en la base de datos, para extraer la información y almacenarla en la base de datos, se utilizaron los servicios web. Este módulo no necesita interacción por parte del usuario, por lo tanto, trabaja en segundo plano.

Realizar conexión con los Beacons

Para desarrollar este módulo fue necesario realizar una investigación para determinar cuál era la mejor opción tecnológica que nos permitiera obtener con mayor precisión la cantidad de tiempo que el adulto mayor pasa en cada una de las habitaciones de su casa.

La tecnología que mejor se adapta son los Beacons. Los Beacons son dispositivos Bluetooth radio transmisores. Son como un faro: se transmite repetidamente una única señal que otros dispositivos puedan ver. En lugar de emitir luz visible transmite una señal de radio que se compone de una combinación de letras y números transmitidos en un intervalo regular de aproximadamente 0.1 segundo. Un dispositivo equipado con Bluetooth como un teléfono inteligente puede "ver" un faro, una vez que está dentro del rango, al igual que los marineros en busca de un faro para saber dónde están [27].



Figura 5.8 Imagen representativa de los Beacons.

Se utilizó el SDK proporcionado por Kontak para poder establecer la conexión entre los Beacons y nuestra aplicación móvil. Desde el web panel proporcionado por Kontak, podemos administrar los Beacons que tenemos, en la Figura 5.9 se muestra el panel de control.

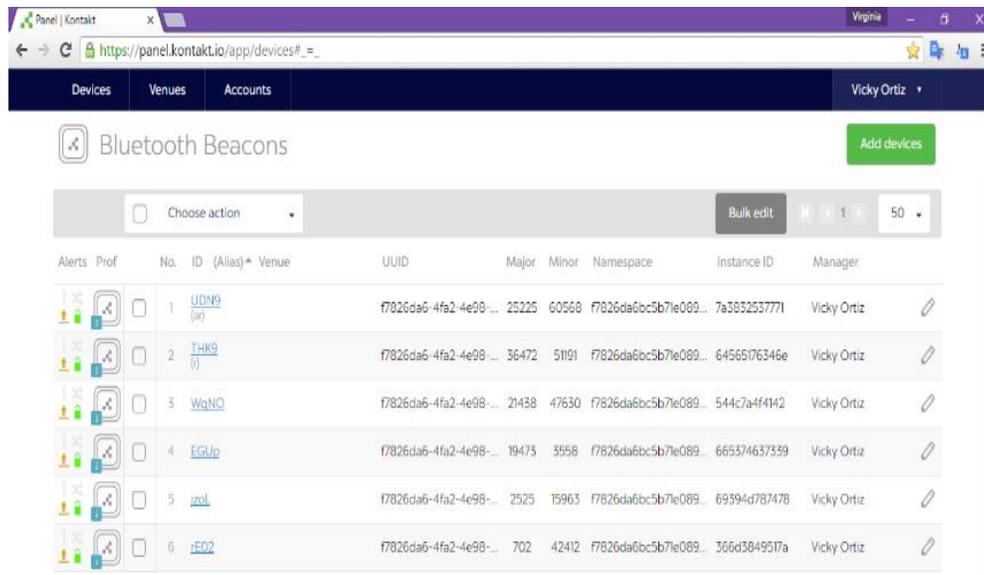


Figura 5.9 Panel de control Kontak.

Además de proporcionar el panel web de control, también podemos administrar los Beacons desde la aplicación móvil, ver Figura 5.10. En la aplicación hemos cambiando los nombres de los Beacons para que sea más fácil identificarlos.

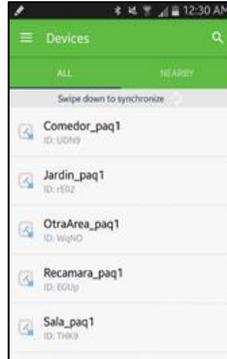


Figura 5.10 Pantalla principal de la aplicación móvil de Kontak.

Obtener el tiempo que el adulto mayor pasa en cada una de las habitaciones

Para obtener el tiempo en que el adulto mayor pasa en cada una de las habitaciones es necesario configurar el rango de alcance de los Beacons dependiendo de la habitación en la que se encuentre. La tabla 5.1 muestra los valores correspondientes entre la variable TXPower level y el rango de alcance en metros.

Tabla 5-2 Valores de potencia de transmisión disponibles

TXPower level	Alcance (en metros)
0	2
1	4
2	10
3	20
4	30
5	40
6	60
7	70

En la Figura 5.11 se puede observar un ejemplo, en este caso para la recámara, se establece un rango de 2 metros, lo que corresponde a un valor TXPower level=0.

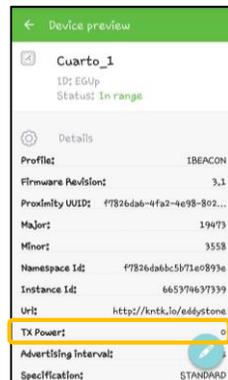


Figura 5.11 Pantalla de configuración para el Beacon.

5.2.5 Módulo “Posicionamiento en exteriores”

En el módulo “Posicionamiento en exteriores” se realiza el monitoreo de las actividades que el adulto mayor realiza fuera de su hogar, este módulo hace uso del sensor GPS embebido en el *Teléfonos inteligentes*. Las funciones específicas de este módulo son: 1) monitorear las coordenadas geográficas y 2) Registrar las visitas en la base de datos. Este módulo no necesita interacción por parte del usuario, por lo tanto, trabaja en segundo plano, de manera transparente al usuario.

Monitorear las coordenadas geográficas

El monitoreo consiste en detectar las coordenadas geográficas de donde se encuentre el adulto mayor cada 30 minutos e insertar la información obtenida en la base de datos. Para el desarrollo de este módulo se utilizó la API Google Maps.

5.2.6 Implementación del modelo de detección de aislamiento social

La implementación del modelo de detección de aislamiento social se realizó en una clase que contiene las diferentes ramas del árbol de decisión que representa al modelo predictivo, cada uno de los caminos es seguido hasta llegar el nodo final que es quien determina el nivel de aislamiento social.

El seudocódigo utilizado para la implementación del modelo de detección de aislamiento social es el siguiente:

```

si Cantidad de llamadas entrantes de la familia > 192.82 entonces Nivel de Aislamiento Social= Nulo
sino si Cantidad de llamadas entrantes de la familia <= 192.82
  si Cantidad de llamadas entrantes de los amigos <= 7.37
    si Tiempo total de estancia en sala hrs <= 114.34
      si Tiempo total de estancia en otra área del hogar hrs <= 0
        si Cantidad de lugares que visita <= 3
          si Cantidad de mensajes enviados a los amigos <= 0.01
            si Duración promedio de las llamadas salientes a la familia min <= 122.11
              si Duración promedio de las llamadas entrantes de la familia min <= 28.54
                si Cantidad de llamadas entrantes de los amigos <= 0.21
                  si Genero = Masculino
                    si Duración promedio de las llamadas salientes a la familia min <= 0.43
                      si Cantidad de llamadas entrantes de la familia <= 0.05
                        entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
                      sino entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
                    sino entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
                  sino si Genero = Femenino
                    si Cantidad de lugares que visita <= 1.49
                      entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
                    sino entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
                  sino entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
                sino si Duración promedio de las llamadas entrantes de la familia min > 28.54
                  si Genero = Masculino
                    si Tiempo total de estancia en jardín hrs >= 65.88
                      entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
                    sino
                      entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
                  sino si Genero = Femenino
                    si Tiempo total de estancia en jardín hrs <= 21.85
                      si Tiempo total de estancia en comedor hrs <= 60
                        entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
                      sino entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
                    sino entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
                  sino si Duración promedio de las llamadas entrantes de la familia min <= 1287.21

```

```

    entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
sino
    entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
sino
    entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
sino
    entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
sino si Cantidad de lugares que visita <= 1.60
    si Tiempo total de estancia en comedor hrs <= 1.20
        entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
    sino si Duración promedio de las llamadas salientes a la familia min <= 202.29
        entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
    sino entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
sino si Cantidad de mensajes enviados a los amigos <= 0.003
    entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
sino si Duración promedio de las llamadas entrantes de la familia min <= 80
    entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
sino entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
sino
    entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
sino si Cantidad de mensajes enviados a los amigos <= 0.037
    si Tiempo total de estancia en recámara hrs <= 72.46
        entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
    sino si Tiempo total de estancia en recámara hrs <= 104.64
        entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
sino
    entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
sino si Tiempo total de estancia en sala hrs <= 32.67
    si Cantidad de llamadas entrantes de la familia <= 120
        si Tiempo total de estancia en sala hrs <= 4.21
            entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo
        sino entonces Nivel de Aislamiento Social= Alto
    sino entonces Nivel de Aislamiento Social= Bajo

```

5.2.7 Módulo “Envío de mensajes motivacionales”

El módulo “Envío de mensajes motivacionales” se diseñó para enviar mensajes emotivos al adulto mayor una vez que se ha detectado su nivel de aislamiento social que presenta, como ya se ha definido con anterioridad, pueden existir 3 niveles de aislamiento social: Nulo, Bajo o Alto.

Los mensajes fueron seleccionados con la ayuda de una psicóloga, quien supervisó que los mensajes contengan palabras que puedan inferir en el estado de ánimo del adulto mayor.

Para un nivel de aislamiento social= Nulo la aplicación envía los siguientes mensajes:

- *Cuando envejecemos, la belleza se convierte en cualidad interior. Ralph Waldo Emerson ¡Comparte toda esa belleza con tu familia y amigos!*
- *Cuando me dicen que soy demasiado viejo para hacer una cosa, procuro hacerla enseguida. Pablo Picasso ¡Sal a hacer cosas nuevas hoy!*
- *Cuando seas viejo en la carne, sé joven en el alma. ¡Piensa que siempre hay alguien nuevo a quien conocer!*
- *El viejo no puede hacer lo que hace un joven; pero lo que hace es mejor. Marco Tulio Cicerón ¡Aprovecha toda tu experiencia para compartirla con los demás!*
- *En los ojos de los jóvenes vemos llamas, pero en los ojos de un anciano vemos la luz. P. Juan Jáuregui Castel ¡Ama la vida! Espera con ilusión cada momento.*

- *Envejecer es todavía al único medio que se ha encontrado para vivir mucho tiempo. Charles A. Sainte Beuve ;Disfruta cada día!*
- *Los que en realidad aman la vida son aquellos que están envejeciendo. Sófocles ;Disfruta cada día, haz lo que te más te gusta!*

Para un nivel de aislamiento social=Bajo la aplicación envía los siguientes mensajes:

- *Quien consigue conservar la capacidad de percibir la belleza, no envejecerá nunca. Franz Kafka ;Sal a dar un paseo, es un día maravilloso!*
- *Una bella ancianidad es, ordinariamente la recompensa de una bella vida. Pitágoras ;Sigue disfrutando la vida como hasta ahora!*
- *Los árboles más viejos dan los frutos más dulces. Proverbio alemán ;Llena a todos tus amigos y familiares con toda esa dulzura!*
- *La preocupación no quita los problemas de mañana, quita la fuerza de hoy. ;Sonríe, la vida es bella!*
- *Deja de esperar que las cosas pasen. Sal ahí afuera y haz que pasen. ;Haz lo que te gusta y rodéate de bellas personas!*
- *Si fallaste ayer no importa. Hoy tienes la oportunidad de comenzar de nuevo. ;Nunca es tarde para alcanzar tus sueños!*
- *La vejez no significa nada más que dejar de sufrir por el pasado. Stefan Zweig ;Ama la simpleza de la vida, vive cada instante profundamente!*

Para un nivel de aislamiento social= Alto la aplicación envía los siguientes mensajes:

- *Envejecer es como escalar una gran montaña; mientras se sube las fuerzas disminuyen, pero la mirada es más libre y la vista más amplia y serena. Ingmar Bergman. Mantén tu cuerpo activo y sano. ;Sal a dar un paseo!*
- *Un abuelo es una persona con plata en su pelo y mucho oro en su corazón. ;Comparte tu amor con tus seres queridos!*
- *La memoria del corazón elimina los malos recuerdos y magnifica los buenos, y gracias a ese artificio, logramos sobrellevar el pasado. ;Ama a todo el mundo, incluido tú mismo!*
- *La vejez tiene dos ventajas: dejan de dolerte las muelas y se dejan de escuchar las tonterías que se dicen alrededor. George Bernard Shaw ;Sé feliz!*
- *Una bella ancianidad, es la recompensa de una bella vida. Pitágoras ;Mereces disfrutar de la vida!*
- *No ha de ser dichoso el joven, sino el viejo que ha vivido una hermosa vida. Epicuro de Samos. ;Sigue haciendo tu vida una vida hermosa!*
- *Envejecer es todavía el único medio que se ha encontrado para vivir mucho tiempo. Charles Augustin Sainte-Beuve ;Sigue viviendo!*
- *El amor es siempre la respuesta para sanar en cualquier aspecto. ;No olvides contactar a tus seres queridos!*

5.3 Desarrollo e implementación de la aplicación móvil para el cuidador

El desarrollo de la aplicación del familiar se hace con la finalidad de que se esté monitoreando el nivel de aislamiento social que presenta el adulto mayor y poder tomar acciones preventivas en caso de requerirlo.

Para poder monitorear el estado emocional del adulto mayor el cuidador debe realizar el registro de sus datos a la aplicación móvil con el objetivo de que el adulto mayor autorice el monitoreo de sus actividades por parte del cuidador.

5.3.1 Registro de usuario

Para obtener la aplicación móvil debe ingresar al siguiente link y realizar la descarga e instalación de la aplicación móvil

<http://synapciainfo.com/ServiciosAdultos/index.php?r=Descarga/APKCliente>

Una vez que ya se instaló la aplicación es necesario que el usuario realice un registro para poder avisarle al adulto mayor que hay una persona monitoreando sus actividades. En la Figura 5.12 inciso a, se muestran la pantalla de registro que visualiza el familiar del adulto mayor, después de que introduce sus datos, presiona el botón “REGISTRAR” y una vez que se concluido el registro se envía un mensaje de confirmación como el que se muestra en la Figura 5.12, inciso b.

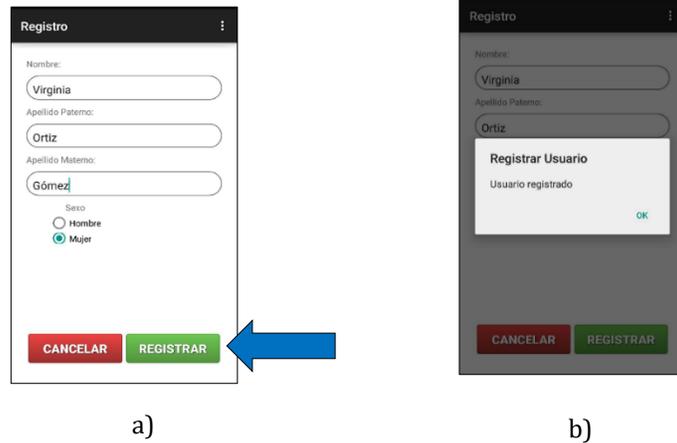


Figura 5.12 a) Pantalla de registro para el familiar b) Pantalla de confirmación de registro.

5.3.2 Ingreso a la información del adulto mayor

El ingreso a los datos del adulto mayor se realiza cuando el familiar conoce el código de ingreso, en la Figura 5.13 inciso a, se muestra donde se puede localizar el código en la aplicación del adulto mayor. Después de ingresar correctamente el código cuidador ingresa a la aplicación y ve la pantalla de bienvenida que se muestra en la Figura 5.13 inciso b. Las opciones que tiene disponibles el usuario dentro de la aplicación se muestran en la Figura 5.13, inciso c.

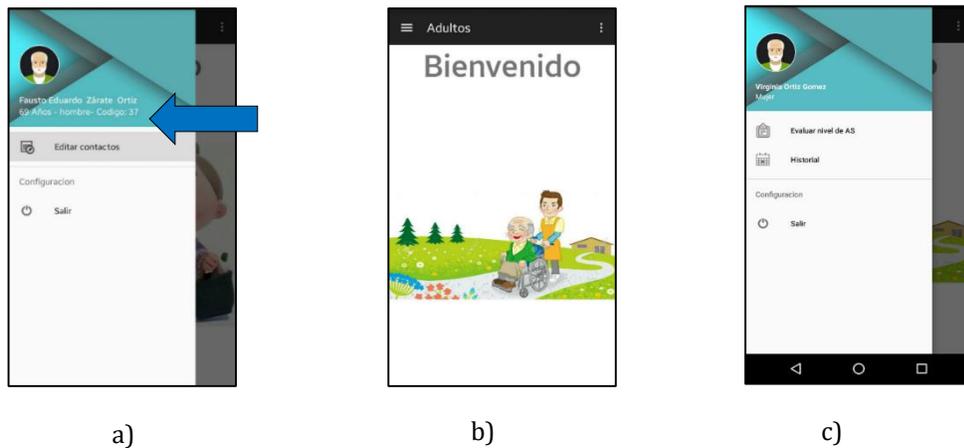


Figura 5.13 Pantallas del proceso para ingresar a la información del adulto mayor.

Menú de opciones para el cuidador

Evaluar el nivel de AS

Al ingresar a esta opción se le muestra al usuario una pantalla donde puede visualizar el nivel de aislamiento social detectado, se muestra también una imagen que tiene relación al nivel de aislamiento social encontrado. En la Figura 5.14, se muestran ejemplos de las pantallas que se muestran al usuario.



Figura 5.14 a) Pantalla para un nivel de Aislamiento social Alto b) Pantalla para un nivel de Aislamiento social Bajo c) Pantalla para un nivel de Aislamiento social Nulo.

A partir de que se ha instalado la aplicación en el teléfono del adulto mayor cada determinado tiempo se analizan los datos para detectar el nivel de aislamiento social, cuando el familiar quiera consultarlo puede hacerlo en la opción “Consultar historial”, en la Figura 5.15 se muestra un ejemplo de lo que visualiza el usuario.



Figura 5.15 Historial de los niveles de Aislamiento Social detectados.

5.4 Modelo Entidad-Relación de la base de datos

La base de datos utilizada se realizó con el gestor de base de datos Mysql y consta de siete tablas que se describen a continuación:

- 1) **Usuario.** Esta tabla contiene la información personal del adulto mayor y de los contactos. La inserción de un nuevo registro ocurre justo antes de iniciar el monitoreo, desde el módulo “Registro”. Los campos que contiene son:

- *idUsuario*. Guarda el identificador del registro.
 - *Nombre*. Guarda el nombre del adulto mayor.
 - *ApPaterno*. Guarda el apellido paterno del adulto mayor.
 - *ApMaterno*. Guarda el apellido materno del adulto mayor.
 - *Sexo*. Guarda el género masculino o femenino del adulto mayor.
 - *Edad*. Guarda la edad del adulto mayor.
 - *Token*. Guarda el identificador que Google Cloud Messaging asigna a la aplicación cuando el usuario se registra, el token es utilizado para enviar notificaciones personalizadas al usuario.
- 2) **Contactos**. Esta tabla contiene los números telefónicos de los familiares y amigos más frecuentes del adulto mayor. La inserción de un nuevo registro ocurre desde el módulo “Registro”.
- Los campos que contiene son:
- *idContactos*. Guarda el identificador del registro.
 - *Teléfono*. Guarda el número telefónico del contacto.
 - *TipoContacto*. Guarda el tipo de contacto: 0 si es el número telefónico es de un familiar, 1 si es de un amigo.
 - *idUsuario_padre*: Hace referencia al *idUsuario* del adulto mayor.
- 3) **Llamadas**. Esta tabla contiene la información de las llamadas del adulto mayor. La inserción de un nuevo registro ocurre cuando el módulo llamadas extrae la información del *Teléfonos inteligentes*. Los campos que contiene son:
- *idLlamadas*. Guarda el identificador del registro.
 - *Fecha_llamadas*. Guarda la fecha en que se realiza la llamada.
 - *Duración_llamadas*. Guarda la duración de la llamada.
 - *TipoLlamada*. Guarda el tipo de llamada que se realiza: 0 si es llamada entrante y 1 si es saliente.
 - *Id_Contacto*. Guarda el id de contacto.
- 4) **Mensajes**. Esta tabla contiene la información de los mensajes de texto del adulto mayor. La inserción de un nuevo registro ocurre cuando el módulo “Extracción de mensajes” extrae la información del teléfono inteligente. Los campos que contiene son:
- *IdMensaje*. Guarda el identificador del registro.
 - *Tipo_msj*. Guarda el tipo de mensaje que se realiza: 0 si es un mensaje recibido y 1 si es un mensaje enviado.
 - *Fecha_msj*: Guarda la fecha en la que recibe o envía el mensaje.
 - *Id_contacto*: Guarda el id del contacto de quien se recibe o a quien se envía el mensaje.
- 5) **Monitoreo_Outdoor**. Esta tabla contiene la información acerca del monitoreo outdoor. La inserción de un registro nuevo ocurre desde el módulo “Monitoreo outdoor”. Los campos que contiene son:
- *Idmonitoreo_outdoor*. Guarda el identificador del registro.
 - *Fecha_monitoreo*. Guarda la fecha en la que se registra una salida.
 - *numLugares_outdoor*. Guarda el número de lugares en los que estuvo en adulto mayor.
 - *Id_usuario*. Guarda el id del usuario asociado.
- 6) **Monitoreo_indoor**. Esta tabla contiene la información acerca del monitoreo indoor. La inserción de un registro nuevo ocurre desde el módulo “Monitoreo indoor”. Los campos que contiene son:
- *Idmonitoreo_indoor*. Guarda el identificador del registro.

- *fecha_monitoreo*. Guarda la fecha en la que se registra una salida.
 - *tipo_habitación*. Guarda el tipo de habitación en la que se encuentra el usuario: 1) Recamara, 2) Sala, 3) Comedor, 4) Jardín, 5) Otro.
 - *Tiempo*. Guarda el tiempo en horas que el usuario pasa en la habitación.
 - *Id_usuario*. Guarda el id del usuario asociado.
- 7) **Reporte_monitoreo**. Esta tabla contiene el historial del nivel de soledad que ha presentado el adulto mayor. La inserción de un registro nuevo ocurre desde el módulo clasificador, cada vez que determina el nivel de aislamiento social del usuario. Los campos que contiene son:
- *idReporte_monitoreo*. Guarda el identificador del registro.
 - *Fecha*. Guarda la fecha en que se determina el nivel de aislamiento social.
 - *Nivel_AS*. Guarda el nivel de soledad del adulto mayor que se obtiene: 0 si el nivel es nulo, 1 si es bajo o 2 si es alto.
 - *Id_usuario*. Guarda el id del usuario asociado.
- 8) **Mensajes_Emotivos**. Esta tabla contiene los mensajes que se muestran al usuario de acuerdo a su nivel de aislamiento social detectado. Los campos que contiene son:
- *IdMensajes_Emotivos*. Guarda el identificador del registro.
 - *Mensajes*. Contiene el cuerpo del mensaje emotivo.
 - *Nivel_AS*. Contiene el nivel de aislamiento social.

En la Figura 5.3 se muestra el modelo entidad-relación de la base de datos.

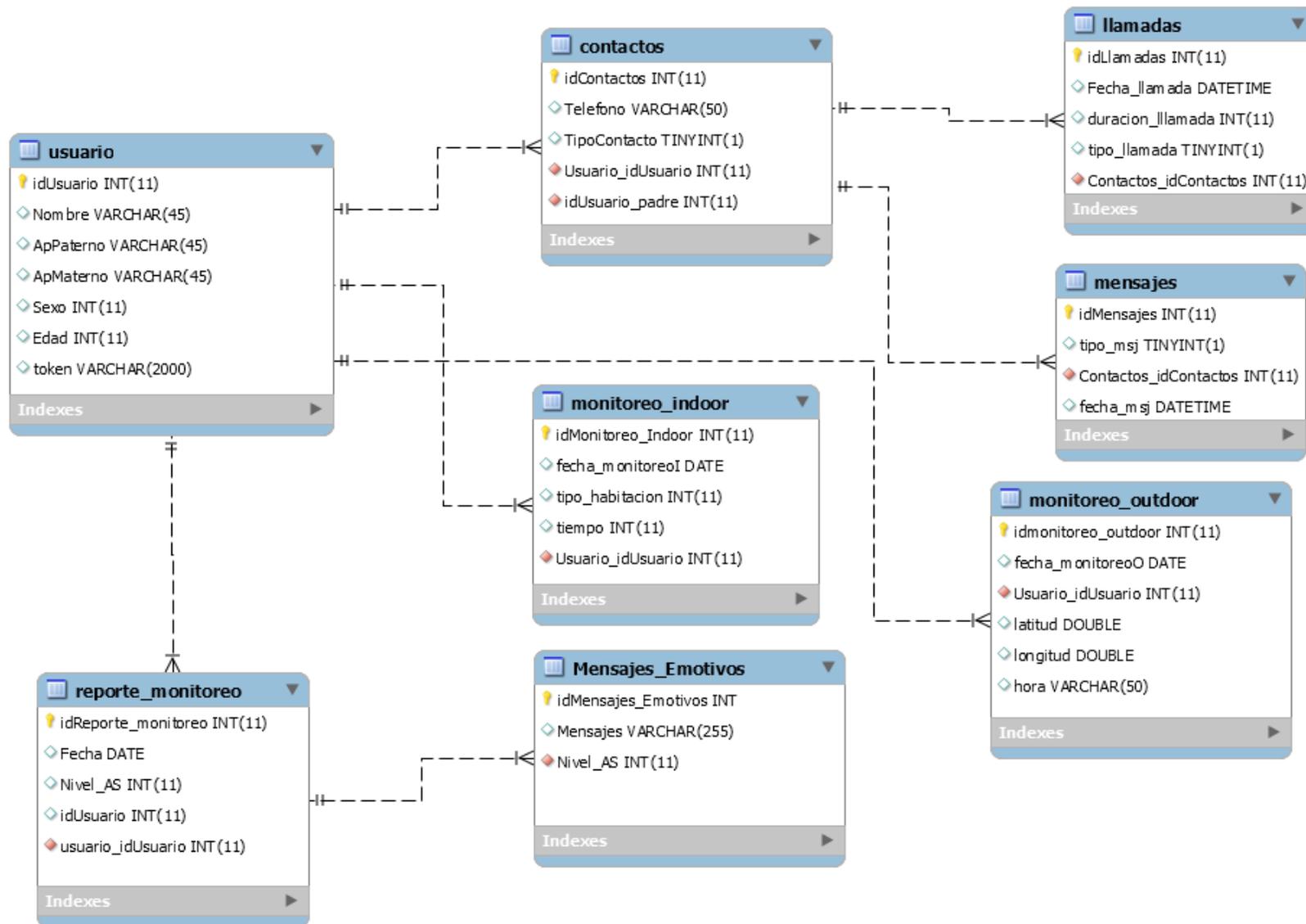


Figura 5.16 Modelo Entidad-Relación de la base de datos.

5.5 Implementación de Servicios Web

Un servicio web puede ser definido como un conjunto de aplicaciones o de tecnologías con capacidad para interoperar en la Web. Estas aplicaciones o tecnologías intercambian datos entre sí con el objetivo de ofrecer unos servicios. Los proveedores ofrecen sus servicios como procedimientos remotos y los usuarios solicitan un servicio llamando a estos procedimientos a través de la Web. Los servicios web proporcionan mecanismos de comunicación estándares entre diferentes aplicaciones, que interactúan entre sí para presentar información dinámica al usuario [28].

Yii es un framework PHP basado en componentes de alta performance para desarrollar aplicaciones Web de gran escala. El mismo permite la máxima reutilización en la programación web y puede acelerar el proceso de desarrollo.

Yii framework se utilizó para implementar los servicios web que son necesarios para guardar la información en la base de datos y también para consultarla posteriormente. Se crearon las siguientes clases y para cada una de ellas se realiza un CRUD. Cada clase corresponde a una tabla del modelo entidad-relación (ver Figura 5.3).

- Contacto
- Llamada
- Mensaje
- MonitoreoIndoor
- MonitoreoOutdoor
- Reporte
- Usuario

Se creó también la clase “Variable” que tiene la función de extraer las variables que sirven como entrada para el modelo de detección de aislamiento social.

Capítulo 6

Pruebas y

Resultados

En este capítulo se describe el procedimiento que se realizó para la evaluación del método para la determinación del nivel de aislamiento social en adultos mayores. La evaluación consistió en hacer pruebas en un grupo experimental de adultos mayores, determinar el nivel de aislamiento social utilizando el método implementado en la aplicación, y comparar los resultados con el nivel de aislamiento social utilizando la escala LSNS-R. La Figura 6.1 muestra los procesos que integran esta fase.

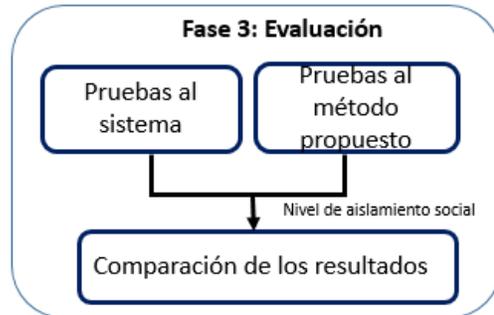


Figura 6.1 Evaluación para determinar el nivel de aislamiento social

A continuación, se describen brevemente los tres procesos:

Proceso 1. Pruebas al sistema

En este proceso se realizaron pruebas funcionales al sistema y posteriormente a un grupo experimental de adultos mayores. La prueba consistió en que el adulto mayor traería consigo un teléfono inteligente con la aplicación instalada, durante el periodo de una semana.

Proceso 2. Pruebas al método propuesto

Estas pruebas se desarrollaron a un grupo de adultos mayores, el grupo de control estuvo formado por siete adultos mayores quienes cumplían con el perfil establecido. Después de monitorear al adulto mayor, también se le aplicó la escala psicológica de Lubben. Finalmente se realizó una comparación de resultados entre los resultados obtenidos por la aplicación móvil desarrollada y los resultados obtenidos con la escala de Lubben.

Proceso 3. Comparación de resultados

En este proceso se realizó una comparación de los resultados obtenidos por el método propuesto y la aplicación del instrumento psicológico y finalmente se determinó la precisión del método implementado.

6.1 Pruebas al sistema

6.1.1 Pruebas funcionales a la aplicación del adulto mayor

Las pruebas planteadas en el ANEXO A, muestran los resultados de la funcionalidad de los módulos desarrollados en la aplicación para el adulto mayor y comprueban su comportamiento dentro del entorno de implementación.

Elementos de prueba

Antes de llevar a cabo las pruebas es necesario cumplir con lo siguiente:

Instalar la aplicación móvil en algún teléfono inteligente que cuente con sistema operativo Android versión 4.3 o superior.

- El dispositivo debe contar con un sensor GPS.
- El dispositivo debe contar con tecnología Bluetooth.

- Contar con el hardware externo (Beacons).

Los casos de prueba utilizan el siguiente formato:

Caso de prueba: Número de caso	Resultado del caso de prueba: Aprobado / No aprobado
Desarrollo de la prueba: Se describe el procedimiento detallado para generar la prueba, así como la salida esperada.	
Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.	
Observaciones: Se describen los sucesos o inconvenientes que se observen al ejecutar el caso de prueba.	
Responsable de la prueba: Nombre del responsable de la prueba	

Características probadas

A continuación, se describen las características de funcionalidad evaluadas con la aplicación móvil del adulto mayor.

1. **Registro de usuario:** consiste en ingresar los datos necesarios para poder registrar un nuevo usuario, validar que los campos no se dejen vacíos.
2. **Registro de familiares y amigos:** Consiste en seleccionar al menos un familiar de la lista de contactos almacenados en la agenda del teléfono o hacerlo de manera directa.
3. **Editar contactos añadidos:** consiste en editar los datos de los contactos añadidos durante el proceso de registro.
4. **Eliminar contactos añadidos:** consiste en eliminar alguno de los contactos añadidos durante el proceso de registro.
5. **Almacenamiento remoto:** consiste en almacenar los registros de los usuarios que se han dado de alta. Esta operación se realiza en tiempo real, por lo tanto, se envían hacia la base de datos remota los datos del adulto mayor.
6. **Extraer información de los mensajes:** consiste en verificar que los mensajes enviados y recibidos se extraigan y almacenen en la base de datos remota.
7. **Extraer información de las llamadas:** consiste en verificar que las llamadas realizadas y recibidas se extraigan y almacenen en la base de datos remota.
8. **Adquirir información de los lugares que visita:** consiste en verificar que las coordenadas de los lugares visitados por el adulto mayor se almacenen en la base de datos remota.
9. **Adquirir información de los Beacons:** consiste en verificar que los minutos que el adulto mayor pasa en cada una de las habitaciones de su hogar.
10. **Reinicio automático de los servicios:** consiste en comprobar que la aplicación se ejecute automáticamente después de reiniciar el teléfono.
11. **Generar reporte automático del nivel de Aislamiento Social:** consiste en verificar que una vez terminado el periodo de evaluación establecido se genere automáticamente el reporte del nivel de aislamiento social detectado y se almacene en la base de datos remota.

Si alguna de las características anteriores no se cumple, se marca como “no aprobada” y se revisaran los aspectos técnicos para corregir los posibles errores.

Enfoque

En estas pruebas se verifica que los datos de entrada de las vistas estén validados correctamente y que la aplicación sea capaz de recolectar la información de cada uno de los módulos desarrollados, enviando correctamente esta información hacia la base de datos remota, comprobando la funcionalidad de la aplicación a nivel externo que comúnmente se le denomina caja negra.

Criterios de suspensión y requerimientos de reanudación

Las pruebas pueden ser suspendidas bajo los siguientes criterios:

- En caso de que el teléfono móvil no tenga acceso a una red wifi o que no tenga una conexión de datos móviles.
- Cuando el sistema operativo Android se vuelva inestable y no responda a las interacciones con el usuario.
- En caso de que la batería del dispositivo móvil se haya agotado o que el teléfono inteligente se apague repentinamente.

Para la reanudación de las pruebas es necesario que la interrupción que detuvo el proceso sea resuelta.

Requisitos ambientales

En esta sección se mencionan los requisitos necesarios de hardware y software para que las pruebas se realicen, los cuales se describen a continuación:

- Hardware
- Beacons (los dispositivos Bluetooth colocados en las siguientes habitaciones: Recámara, Sala, Comedor, Jardín y otra área).
- Software
- Sistema operativo Android 4.3 o superior

Responsabilidades

La ingeniera en computación Virginia Ortiz Gómez es la encargada de realizar cada una de las pruebas mencionadas en el documento. Además de elaborar la documentación y corrección de los errores detectados.

Aprobación

El presente plan de pruebas fue aprobado por la Dra. Alicia Martínez Rebollar investigadora en la especialidad de Sistemas Distribuidos del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Nomenclatura

Cada prueba debe tener un identificador único para hacer referencia a las características probadas. Se utilizan las iniciales CP para referirse al caso de prueba, AA para referirse a la aplicación del adulto seguido del número consecutivo de las pruebas.

Los casos de prueba quedan nombrados de la siguiente forma:

Módulo Registro:

Nombre del caso de prueba	Nomenclatura
Registro de usuario	CP_AA_1
Registro de familiares y amigos	CP_AA_2
Editar contactos añadidos	CP_AA_3
Eliminar contactos añadidos	CP_AA_4

Modulo "Extracción de llamadas"

Nombre del caso de prueba	Nomenclatura
Extraer información de llamadas	CP_AA_5

Módulo extracción de mensajes

Nombre del caso de prueba	Nomenclatura
Extraer información de los mensajes	CP_AA_6

Modulo “Posicionamiento Outdoor”

Nombre del caso de prueba	Nomenclatura
Extraer información de los lugares que visita:	CP_AA_7
Reinicio automático de los servicios	CP_AA_8

Modulo “Posicionamiento Indoor”

Nombre del caso de prueba	Nomenclatura
Extraer información de la cantidad de horas que pasa en cada una de las habitaciones de su hogar	CP_AA_9

Módulo “Implementación del modelo de detección de Aislamiento Social”

Nombre del caso de prueba	Nomenclatura
Generar reporte automático del nivel de Aislamiento Social	CP_AA_10

6.1.2 Plan de pruebas para la aplicación móvil para el cuidador

Las pruebas planteadas en el ANEXO B muestran los resultados de la funcionalidad de los módulos desarrollados en la aplicación para el cuidador del adulto mayor.

Elementos de prueba

Antes de llevar a cabo las pruebas es necesario cumplir con lo siguiente:

- Instalar la aplicación móvil en algún teléfono inteligente que cuente con sistema operativo Android versión 4.3 o superior.

Los casos de prueba utilizaron el siguiente formato:

Caso de prueba: Número de caso	Resultado del caso de prueba: Aprobado / No aprobado
Desarrollo de la prueba: Se describe el procedimiento detallado para generar la prueba, así como la salida esperada.	
Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.	
Observaciones: Se describen los sucesos o inconvenientes que se observen al ejecutar el caso de prueba.	
Responsable de la prueba: Nombre del responsable de la prueba	

Características probadas

A continuación, se describen las características de funcionalidad evaluadas con la aplicación móvil del cuidador.

1. **Registro de usuario:** consiste en ingresar los datos necesarios para poder registrar un nuevo usuario, validar que los campos no se dejen vacíos.
2. **Navegación dentro de la aplicación:** Consiste en tener acceso a la información que se ha recolectado del adulto mayor.

Si alguna de las características anteriores no se cumple, se marca como “no aprobada” y se revisaran los aspectos técnicos para corregir los posibles errores.

Enfoque

En estas pruebas se verifica que los datos de entrada de las vistas estén validados correctamente y que la aplicación sea capaz de recolectar la información de cada uno de los módulos desarrollados, enviando correctamente esta información hacia la base de datos remota, comprobando la funcionalidad de la aplicación a nivel externo que comúnmente se le denomina caja negra.

Criterios de suspensión y requerimientos de reanudación

Las pruebas pueden ser suspendidas bajo los siguientes criterios:

- En caso de que el teléfono móvil no tenga acceso a una red wifi o que no tenga una conexión de datos móviles.
- Cuando el sistema operativo Android se vuelva inestable y no responda a las interacciones con el usuario.
- En caso de que la batería del dispositivo móvil se haya agotado o que el teléfono inteligente se apague repentinamente.

Para la reanudación de las pruebas es necesario que la interrupción que detuvo el proceso sea resuelta.

Requisitos ambientales

En esta sección se mencionan los requisitos necesarios de hardware y software para que las pruebas se realicen, los cuales se describen a continuación:

- Sistema operativo Android 4.3 o superior

Responsabilidades

La ingeniera en computación Virginia Ortiz Gómez es la encargada de realizar cada una de las pruebas mencionadas en el documento. Además de elaborar la documentación y corrección de los errores detectados.

Aprobación

El presente plan de pruebas fue aprobado por la Dra. Alicia Martínez Rebollar investigadora en la especialidad de Sistemas Distribuidos del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

Nomenclatura

Cada prueba debe tener un identificador único para hacer referencia a las características probadas.

Se utilizan las iniciales CP para referirse al caso de prueba, AC para referirse a la aplicación del cuidador y seguido del número consecutivo de las pruebas.

Los casos de prueba quedan nombrados de la siguiente forma:

Nombre del caso de prueba	Nomenclatura
Registro de usuario	CP_AC_1
Ingreso a la información del adulto mayor	CP_AC_2
Menú de información	CP_AC_3

6.1.3 Pruebas al método propuesto

Descripción del grupo experimental

El grupo experimental estuvo formado por siete adultos mayores, quienes cubrían el perfil requerido:

- Adulto mayor (60 años o más).
- Tener plenas capacidades cognitivas y motrices.
- Poseer un teléfono inteligente.

En la gráfica se muestran las características demográficas de los siete adultos mayores del grupo experimental expresadas en porcentajes.

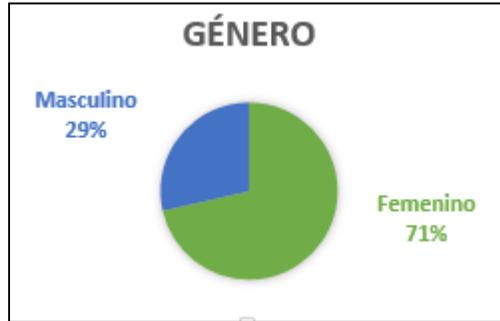


Figura 6.2 Gráfica que muestra los porcentajes de género del grupo de control.

Descripción de los teléfonos inteligentes utilizados

Una característica esencial que debía cubrir el equipo que se utilizó es que fueran teléfonos inteligentes que contaran con una versión del sistema operativo Android 4.3 o superior. La Tabla 6-1 muestra las características de los dispositivos móviles que se utilizaron para realizar las pruebas a ambas aplicaciones.

Tabla 6-1 Características de los teléfono inteligentes utilizados.

Aplicación probada	Modelo	Versión del sistema operativo
Aplicación para el adulto mayor	Samsung Galaxy note 2	4.4.2
	ZTE Blade v6	5.0.2
Aplicación para el cuidador	Motorola X Play	6.0.1
	ZTE Blade V6	5.0.2
	Galaxy note 2	4.4.2
	Galaxy note 3	5.0.2

Procedimiento de las pruebas

El procedimiento de la prueba consistió en que el adulto mayor debía traer consigo un teléfono inteligente con la aplicación instalada durante una semana. Sólo se necesitó interacción por parte del usuario cuando se realizó el registro a la aplicación, posteriormente el monitoreo de sus actividades se realizó de manera automática al usuario.

Para llevar a cabo las pruebas se le proporcionó al adulto mayor un teléfono inteligente y además se colocaron en las habitaciones de su hogar los Beacons. Se le indicó al adulto mayor que estos sensores únicamente indican cuanto tiempo pasa en cada una de las áreas de su hogar, no obtienen ningún otro tipo de información como audio o video.

Estas pruebas se realizaron en dos fases. En la primera fase, se le entregó un teléfono al adulto mayor, para que las pruebas sean realizadas correctamente se tomaron en cuenta las siguientes recomendaciones:

El encargado de aplicar el experimento realizó las siguientes actividades:

- Colocó los Beacons en las siguientes habitaciones: Recámara, Sala, Comedor, Jardín y Otra área del hogar (estudio, garaje, cocina, Bodega, etc.). Para la facilidad de la colocación de los sensores, estos se encontraban etiquetados con el nombre de la habitación en la que se deben colocar.
- Para evitar la interferencia de la señal de los Beacons se colocaron al menos con dos metros de distancia uno del otro.

Al adulto mayor se le proporcionaron las siguientes recomendaciones:

- Llevar con él todo el tiempo el teléfono que se le proporcionó.
- Al finalizar el día debía dejar conectado el teléfono para que al día siguiente se pueda seguir recolectando la información.

La obtención de los datos mediante el sistema de monitoreo se realizó durante una semana.

En la segunda fase después del monitoreo que duró una semana, se aplicó la escala LSNS-R al grupo experimental. Por último, se determinó el nivel de aislamiento social evaluando esta escala.

6.2 Resultados obtenidos

En la tabla 6-2 se muestra la tabulación de los registros realizados al grupo de control en la cual se puede observar el total de cada una de las variables y nivel de Aislamiento Social detectado por la aplicación móvil.

Tabla 6-2 Datos recolectados.

Género	Cantidad de llamadas entrantes de la familia	Duración promedio de las llamadas entrantes de la familia(min)	Cantidad de llamadas entrantes de los amigos	Duración promedio de las llamadas salientes a la familia (min)	Cantidad de mensajes enviados a los amigos	Cantidad de mensajes recibidos de la familia	Tiempo total de estancia en recamara (hrs)	Tiempo total de estancia en sala (hrs)	Tiempo total de estancia en comedor (hrs)	Tiempo total de estancia en jardín (hrs)	Tiempo total de estancia en otra área del hogar (hrs)	Cantidad de lugares que visita	Nivel de Aislamiento Social
Femenino	128	256	64	40	0	0	182	111.87	150.40	36.80	149.80	84	Bajo
Masculino	4	120	24	24	0	0	410.8	60.20	177.27	44.13	1.47	156	Bajo
Femenino	12	60	64	24	0	0	364.93	68.20	21.47	1.93	0.00	100	Bajo
Femenino	20	260	44	0	68	48	48.25	0.72	7.20	0.65	3.92	164	Bajo
Femenino	8	12	4	20	0	0	601.04	24.80	36.80	12.56	129.80	4	Alto
Masculino	56	560	4	0	0	0	275.07	79.33	36.27	63.33	242.27	8	Alto
Femenino	24	270	16	48	12	32	214.4	53.93	8.27	109.27	57.40	64	Bajo

En la siguiente imagen (Figura 6.3) se muestran las gráficas de cada una de las personas del grupo de control en donde se puede apreciar la tabulación individual de cada una de las variables.

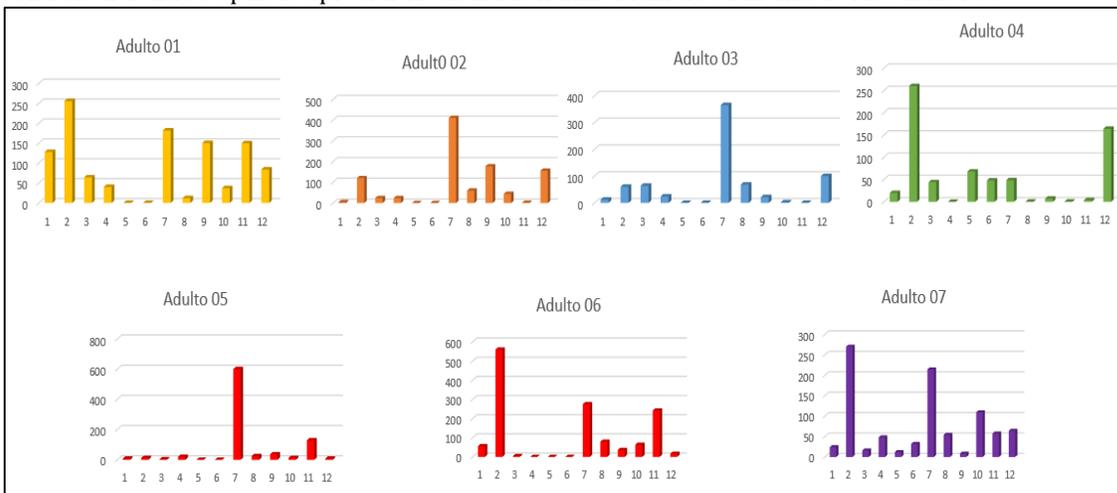


Figura 6.3 Relación de variables relevantes con cada individuo del grupo de control.

Los niveles de aislamiento social del grupo experimental obtenidos con la escala de valoración LSNS-R y con la aplicación móvil se muestran en la Figura 6.4. El modelo de detección de aislamiento social implementado en la aplicación móvil clasificó correctamente siete de siete participantes lo cual se traduce en una precisión del 100 %.

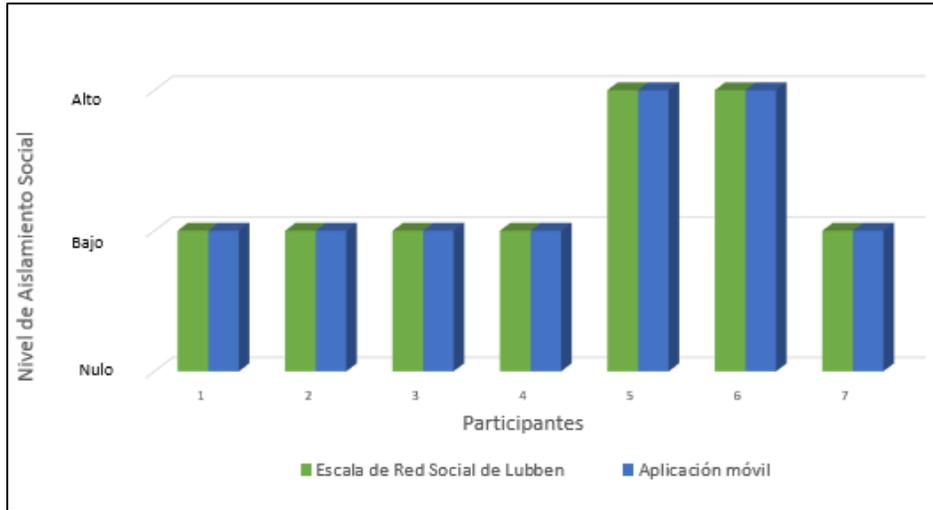


Figura 6.4 Comparación de resultados entre la escala de red social de Lubben y la Aplicación Móvil.

El modelo implementado propuesto fue probado en el trabajo antecedente [5], en el cual la recolección de los datos fue de forma manual, los datos recolectados en ese trabajo se muestran en la tabla 6-3.

Tabla 6-3 Datos recolectados en el trabajo antecedente.

Género	Cantidad de llamadas entrantes de la familia	Duración promedio de las llamadas entrantes de la familia (min)	Cantidad de llamadas entrantes de los amigos	Duración promedio de las llamadas salientes a la familia (min)	Cantidad de mensajes enviados a los amigos	Cantidad de mensajes recibidos de la familia	Tiempo total de estancia en recámara (hrs)	Tiempo total de estancia en sala (hrs)	Tiempo total de estancia en comedor (hrs)	Tiempo total de estancia en jardín (hrs)	Tiempo total de estancia en otra área del hogar (hrs)	Cantidad de lugares que visita	Nivel de Aislamiento Social
Femenino	2	90	8	450	9	0	0	90	14	28	1	90	Alto
Masculino	2	2	2	10	60	0	0	45	91	43	153	0	Alto
Masculino	2	4	0	120	300	0	0	30	42	15	16	0	Alto
Femenino	1	10	0	150	0	0	0	30	10	29	45	0	Bajo
Masculino	3	0	0	0	180	0	0	0	178	2	0	0	Bajo
Masculino	2	0	60	0	120	0	0	0	60	13	0	0	Bajo
Masculino	4	16	16	240	240	0	0	0	122	45	0	15	Bajo
Femenino	2	4	4	8	8	0	0	0	5	60	135	0	Bajo

Tanto los datos recolectados manualmente como los datos recolectados de forma automática fueron introducidos al modelo predictivo con el fin de incrementar el número de los sujetos considerados en el experimento. Los resultados obtenidos de la comparación de los resultados obtenidos por la escala de Lubben y el modelo propuesto en el trabajo de investigación se muestran en la Figura 6.5, donde se puede notar que el modelo clasifica correctamente 14 de las 15 instancias proporcionadas, con lo que se obtiene una precisión del 93.33%.

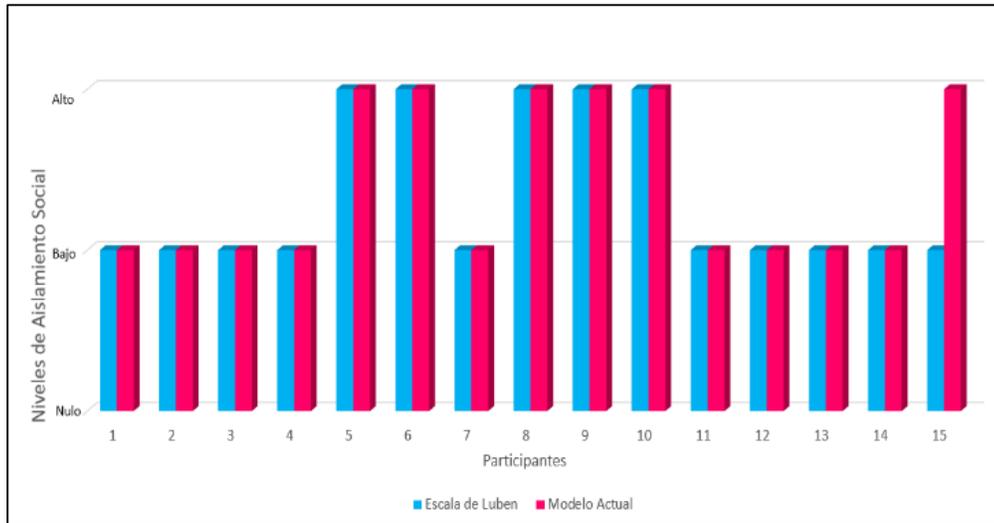


Figura 6.5 Comparación de resultados entre la escala de red socia de Lubben y el enfoque propuesto.

Capítulo 7

Conclusiones y

Trabajos a Futuro

En esta sección se presentan las conclusiones generadas a partir de este proyecto de investigación. Así mismo, se describen los trabajos futuros que se pueden derivar a partir de esta tesis.

7.1 Conclusiones

La población de adultos mayores se encuentra en constante aumento. Por lo tanto, se pronostica que aproximadamente una cuarta parte de la población mexicana será de adultos mayores en 2050. Esto incrementará la demanda de servicios médicos relacionados con la salud física y mental. De esta manera se resalta la importancia de la existencia de los sistemas de apoyo social, familiar y de la salud.

Un diagnóstico oportuno del aislamiento social en los adultos mayores puede reducir significativamente el riesgo de padecer depresión o deterioro cognitivo. Esta situación motiva el desarrollo de sistemas de cómputo capaces de identificar automáticamente situaciones de riesgo en las interacciones sociales del adulto mayor.

En este trabajo de investigación se estableció como objetivo principal implementar un modelo predictivo de detección de aislamiento social que permitiera extraer de manera automática a través de la Inteligencia Ambiental los valores de las variables relevantes del modelo predictivo utilizado. Para lograr tal objetivo se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- a) *Reestructurar e implementar el modelo predictivo propuesto por [5] que determina el nivel de aislamiento social.*

Para cumplir con este objetivo fue necesario, analizar los datos recolectado en el trabajo antecedente y siguiendo la metodología propuesta por el autor se realizó un equilibrio de los datos para evitar el sesgo hacia una clase mayoritaria. Una vez teniendo un conjunto de datos equilibrados, se procedió a generar un nuevo modelo de detección de aislamiento social. El modelo obtenido fue implementado en uno de los módulos de la aplicación móvil desarrollada para monitorear las actividades del adulto mayor.

- b) *Extraer de forma automática los valores de las variables relevantes del modelo predictivo utilizado.*

Para cumplir con este objetivo, las variables que resultaron relevantes para este trabajo de investigación fueron clasificadas de acuerdo al tipo de interacción por parte del usuario, esto es, variables de comunicación, variables de movilidad y una variable demográfica. Para obtener los valores de las variables se desarrollaron cinco módulos que conforman la aplicación móvil:

Módulo de Registro. Este módulo obtiene los datos del adulto mayor y específicamente obtiene la variable demográfica “género”.

Módulo de extracción de mensajes. En este módulo de obtienen las variables relacionada a los mensajes que recibe o envía el adulto mayor (cantidad de mensajes enviados a los amigos y cantidad de mensajes recibidos de la familia).

Módulo de extracción de llamadas. Este módulo obtiene las variables relacionadas con las llamadas registradas en el teléfono del adulto mayor (cantidad de llamadas entrantes de la familia, cantidad de llamadas entrantes de los amigos, duración promedio de las llamadas entrantes de la familia en minutos, duración promedio de las llamadas salientes a la familia en minutos).

Módulo de monitoreo en interiores. En este módulo se monitorea cuanto tiempo pasa el adulto mayor en cada una de las habitaciones de su hogar (recámara, sala, comedor, jardín y otra área del hogar).

Módulo de monitoreo en exteriores. En este módulo se monitorea la cantidad de lugares que visita el adulto mayor.

- c) *Desarrollar dos aplicaciones móviles. Una de ellas se utiliza para monitorear al adulto mayor y la otra aplicación se utiliza para que el familiar o persona encargada de cuidar al adulto mayor pueda estar enterado del nivel de aislamiento social detectado en el adulto mayor.*

Para cumplir con este objetivo la aplicación móvil desarrollada para móvil para el adulto mayor, además de integrar los cinco módulos que recolectan de manera automática los valores de las variables, contiene un módulo que envía mensajes motivacionales al adulto mayor una vez que se ha detectado el nivel de aislamiento social, esto con el fin de que el adulto mayor se sienta animado a cambiar alguna de sus actividades y así poder disminuir su nivel de aislamiento social en caso de que sea medio o alto.

Por otro lado, en el desarrollo de la aplicación para el cuidador o familiar del adulto mayor, se solicita al cuidador que proporcione sus datos para notificarle al adulto mayor los datos de la persona que tendrá acceso a su información. La función principal de la aplicación desarrollada para el cuidador del adulto mayor es que el cuidador pueda estar enterado del nivel de aislamiento social que ha sido detectado desde que se han monitoreado las actividades del adulto mayor.

La evaluación de las aplicaciones desarrolladas se centró en verificar que el sistema extrae correctamente la información requerida, la almacena en el servidor de base de datos y por último la despliega en la aplicación del cuidador, dicha evaluación se realizó utilizando un plan de pruebas en donde se comprueba la correcta funcionalidad de los módulos que conforman cada aplicación.

- d) *Realizar un análisis comparativo entre el modelo de detección de aislamiento social y las pruebas subjetivas.*

Para cumplir con este objetivo, se compararon los niveles de aislamiento social obtenidos con la aplicación móvil desarrollada y la escala psicológica de Lubben que es una escala de valoración de aislamiento social. Las pruebas se realizaron a un grupo de control formado por siete adultos mayores, a los cuales se les monitoreó utilizando la aplicación móvil desarrollada y también se les aplicó un cuestionario basado en la escala de Lubben; para esa evaluación inicial del enfoque propuesto se obtuvo una precisión del 100%, esto significa que la aplicación móvil clasificó correctamente siete de los siete sujetos de prueba.

De manera adicional a las pruebas mencionadas, se realizó otra evaluación al modelo propuesto, utilizando los datos recolectado de manera automática por la aplicación desarrollada y los datos recolectados manualmente en el trabajo antecedentes, el conjunto total de datos fue introducido al modelo predictivo con el fin de incrementar el número de los sujetos considerados en el experimento. Los resultados obtenidos de la comparación de los resultados obtenidos por la escala de Lubben y el modelo propuesto en el trabajo de investigación muestran que el modelo clasifica correctamente 14 de las 15 instancias proporcionadas, con lo que se obtiene una precisión del 93.33%.

En resumen, el aporte principal de este trabajo de investigación es un sistema computacional que integra diferentes tecnologías para la recolección automática de las 13 variables tanto de movilidad como de comunicación y que son necesarias para la implementación de un modelo de detección de aislamiento social en adultos mayores. Una de las características que hacen distinto el sistema desarrollado en este trabajo de tesis a otros es que integran tecnología diseñada para otros propósitos por ejemplo los Beacons diseñados para ayuda a los procesos de mercadotecnia, en este trabajo se les dio un enfoque en posicionamiento de interiores pudiendo interpretar la información obtenida de los Beacons para obtener el tiempo que el adulto pasa en cada habitación.

Además de realizar la recolección automática de los datos, el sistema es capaz de procesar los datos e interactuar con una aplicación móvil diseñada para el cuidador del adulto mayor en la cual se le informa los resultados obtenidos del monitoreo realizado.

7.2 Logros obtenidos

- Aceptación del artículo “Implementación de un modelo de detección de aislamiento social en adultos mayores” en el taller de computación clínica e informática médica en el marco del encuentro nacional en computación que será presentado en el estado de Chihuahua en noviembre del 2016.

7.2 Trabajos futuros

Para ampliar la investigación, se propone la realización de los siguientes trabajos futuros:

- Implementar la funcionalidad para que los módulos de extracción de mensajes y de llamadas puedan guardar datos a pesar de que el usuario no tenga una conexión estable a internet.
- Desarrollar un módulo de posicionamiento en interiores en el cual no se dependa de un hardware externo.
- Mejorar la precisión de la ubicación utilizando librerías adicionales de posicionamiento en exteriores diferentes a las utilizadas en este trabajo de tesis.
- Ampliar la investigación para enriquecer el catálogo de mensajes emotivos, pudiendo no sólo ser mensajes sino también imágenes, audio o video los cuales actúen directamente sobre las emociones del adulto mayor.

Referencias

- [1] “Día Internacional de las Personas de Edad.” [Online]. Available: <http://www.un.org/es/events/olderpersonsday/>. [Accessed: 06-Apr-2015].
- [2] A. Martínez and W. Campos, “Correlación entre Actividades de Interacción Social Registradas con Nuevas Tecnologías y el grado de Aislamiento Social en los Adultos Mayores,” *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, pp. 181–190, 2015.
- [3] “Android Captures Record 88 Percent Share of Global Smartphone Shipments in Q3 2016.” [Online]. Available: <https://www.strategyanalytics.com/strategy-analytics/news/strategy-analytics-press-releases/strategy-analytics-press-release/2016/11/02/strategy-analytics-android-captures-record-88-percent-share-of-global-smartphone-shipments-in-q3-2016?slid=73657&spg=2#>. [Accessed: 05-Nov-2016].
- [4] CONAPO, “Diagnóstico socio-demográfico del envejecimiento en México,” *Conapo. La situación demográfica México*, 2011.
- [5] W. Campos, “Detección de aislamiento social en adultos mayores a través de inteligencia ambiental y sitios de redes sociales en línea,” Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2015.
- [6] and A. E. S. J. Lubben, E. Blozik, G. Gillmann, S. Iliffe, W. v. R. Kruse, J. C. Beck, “Performance of an abbreviated version of the Lubben Social Network Scale among three European community-dwelling older adult populations,” *Gerontologist*, vol. 46, p. 11, 2006.
- [7] C. S. C. Dalai Tang, Bakhtiar Yusuf, János Botzheim, Naoyuki Kubota, “A novel multimodal communication framework using robot partner for aging population,” *Expert Syst. Appl.*, no. January, 2015.
- [8] M. Rodríguez, V. Gonzalez, J. Favela, and P. Santana, “Home-based communication system for older adults and their remote family,” *Comput. Human Behav.*, vol. 25, no. 3, pp. 609–618, 2009.
- [9] M. Castillo, J. C., Fernández-Caballero, A., Castro-González, Á., Salichs, M. A., & López, “A framework for recognizing and regulating emotions in elderly,” *Ambient Assist. Living Dly. Act.*, vol. 8868, pp. 320–327, 2014.
- [10] Y.-F. Tan-Hsu Tan, Munkhjargal Gochoo, Ke-Hao Chen, Fu-Rong Jean and and C. F. H. Chen, Fu-Jin Shih, “Indoor Activity Monitoring System for Elderly Using RFID and FitBit Flex Wristband,” in *International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)*, 2014.
- [11] D. Dasgupta, K. Feldman, D. Waghay, P. Willaert, D. A. Raybold, and N. Chawla, “An Integrated and Digitized Care Framework for Successful Aging,” pp. 440–443, 2014.
- [12] S. S. and J. L. Bruno M. C. Silva, Joel J. P. C. Rodrigues, Tiago M. C. Simoes, “An Ambient Assisted Living Framework for Mobile Environments,” 2014.
- [13] C. S. M. Pedro A. Carrión Pérez, Juan Ródenas García, José Joaquín Rieta Ibáñez, *Telemedicina.: Ingeniería biomédica*, Ediciones. 2009.
- [14] “Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities.,” *Pervasive Mob. Comput.*, vol. 5, no. 4, pp. 277–298, 2009.
- [15] M. A. Comachione Larrinaga, *Vejez: aspectos biológicos, psicológicos y sociales*, 2nd ed. Argentina, 2008.
- [16] “‘Artículo 3o de la Ley de los derechos de las personas adultas mayores,’ Diario Oficial de la Federación, 2002.” [Online]. Available: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/245.pdf>.
- [17] C. de; J. C. S. J. M. R. E. G. Castro Lozano, “SIESTACARE: inteligencia ambiental aplicada a sistemas de e-salud como tecnología de ayuda a enfermos y personas en situación de dependencia,” in *Gestión de la calidad en las organizaciones sanitarias*, 2014, pp. 953–955.
- [18] C. C. M. Girálfez, “The role of Ambient Intelligence in the Social Integration of the Elderly,” *Ambient Intell.*, pp. 267–282, 2005.
- [19] B. M. Jiménez, A. R. Muñoz, E. G. Hernández, and M. E. M. Benadero, “Antecedentes organizacionales del acoso psicológico en el trabajo: Un estudio exploratorio,” *Psicothema*, vol. 17, no. 1998, pp. 627–632, 2005.

- [20] M. J. G. Serrano and J. T. Ferrer, "Prevalencia de depresión en mayores de 65 años. Perfil del anciano de riesgo," *Atención primaria*, vol. 27, no. 7, pp. 484–488, 2001.
- [21] M. B. A. Wesley, *Wireless Internet Applications & Architecture*. 2002.
- [22] H. y L. Montiel, "Ingeniare. Revista chilena de ingeniería," vol. 20 N° 3, pp. 282–283, 2012.
- [23] W. A. S. Gómez, "Determinación del Nivel de Soledad Subjetiva en Adultos Mayores a través del Sensado en Smartphones," 2013.
- [24] "SMOTE," 2016. [Online]. Available: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/dn913076.aspx>. [Accessed: 12-Apr-2016].
- [25] C. T. and L. Dajani, "The future of homecare systems in the context of the ubiquitous web and its related mobile technologies," in *Proceedings of the 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, 2008.
- [26] J. L. and M. Girona, "Measuring Social Networks and Assessing their Benefits," *Soc. Networks Soc. Exclusion Sociol. Policy Perspect. ed Burlingt.*, pp. 20–34, 2004.
- [27] "What is a beacon?," 2016. [Online]. Available: <https://kontakt.io/beacon-basics/what-is-a-beacon/>. [Accessed: 14-Apr-2016].
- [28] "Guía Breve de Servicios Web," 2016. [Online]. Available: <http://www.w3c.es/Divulgacion/GuiasBreves/ServiciosWeb>. [Accessed: 06-Jan-2016].

Anexos

ANEXO A

Casos de prueba de la aplicación del Adulto Mayor

Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se realizó el registro de un usuario. La prueba inicia a partir de que la aplicación ya se encuentra instalada. Los pasos a seguir para realizar esta prueba son los siguientes:

1. Presionar el ícono de la aplicación “Adultos”.
2. La aplicación muestra la pantalla “Registro”.
3. El usuario captura los siguientes datos:
Alias: Adulto04
Edad: 69
 Seleccionar en la opción “Género”: *Hombre*
4. El usuario selecciona la opción “Agregar familiares-amigos”
5. La aplicación muestra la pantalla “Registrar Familiares y amigos”.
6. El usuario selecciona el botón “Agregar”  y la aplicación muestra la pantalla “DatosFamiliares”.
7. El usuario selecciona uno de sus contactos almacenados en su teléfono y presiona la opción “Guardar”. Cuando el usuario termina de añadir al contacto, presiona “Guardar”.
8. La aplicación regresa a la pantalla de registro. Se concluye el registro cuando el usuario presiona “Registrar”.
9. La aplicación manda el siguiente mensaje de confirmación “Usuario Registrado”.
10. La aplicación debe mostrar la pantalla de Bienvenida.

Flujo alternativo 1:

2.1 El usuario presiona el botón “Registrar”

2.2 La aplicación manda el siguiente mensaje de error: “Se deben llenar todos los campos”

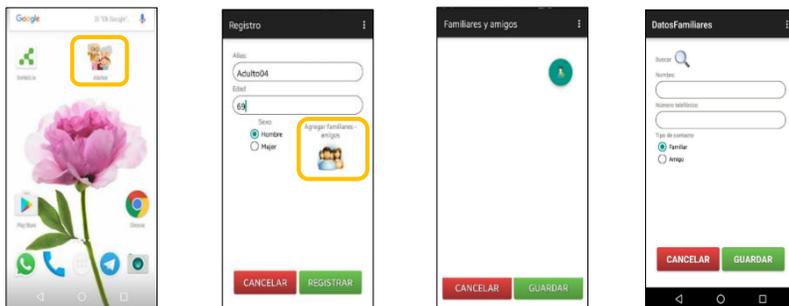
Flujo alternativo 2:

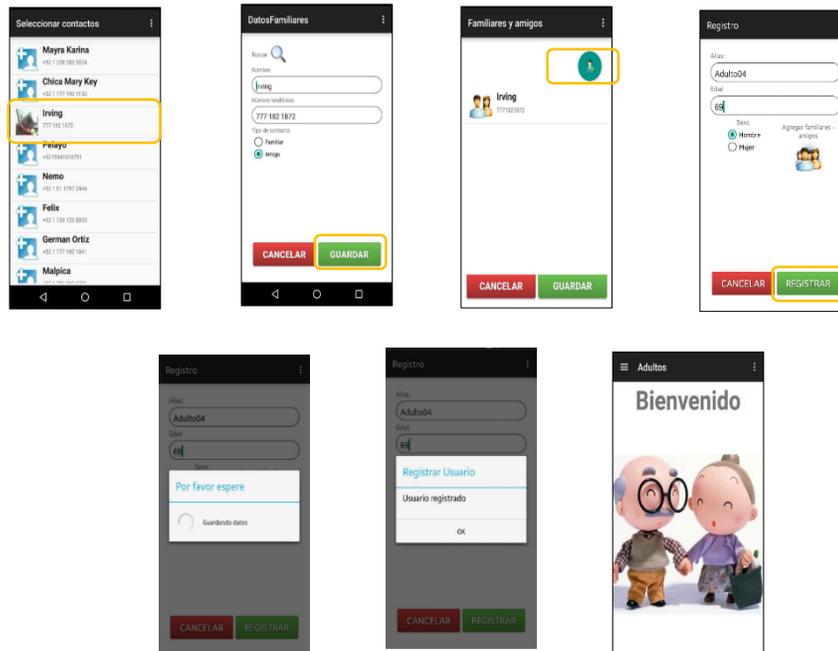
3.1 El usuario captura los datos señalados y presiona el botón “Registrar”.

3.2 La aplicación muestra un mensaje de alerta indicándole al usuario que debe registrar al menos un familiar o amigo.

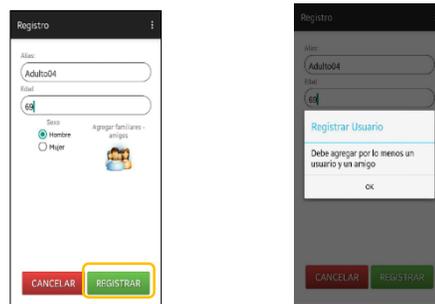
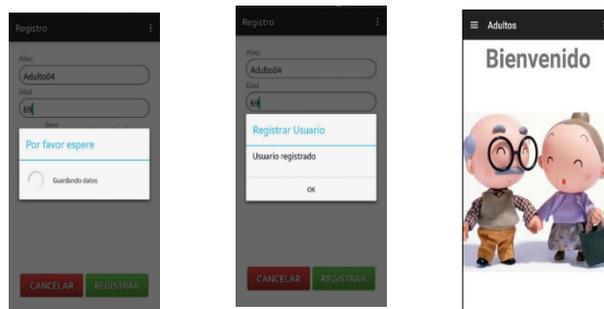
Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.

1.

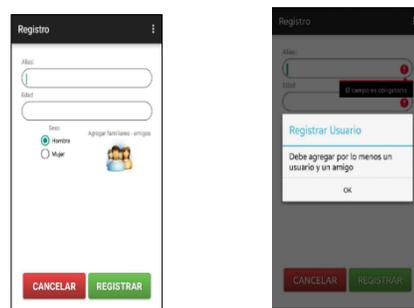




Flujo alternativo 1:



Flujo alternativo 2:



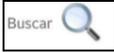
Observaciones:

El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se agrega a un familiar y a un amigo desde la opción de registro. La prueba inicia a partir de que el usuario se encuentra en la pantalla de registro. Los pasos a seguir para realizar esta prueba son los siguientes:

1. En la pantalla "Registro" seleccionar la opción "Agregar familiares-amigos".
2. La aplicación muestra la pantalla donde se visualiza la opción de añadir un contacto.
3. El usuario presiona el botón  y la aplicación debe mostrar la pantalla para buscar a un familiar desde los contactos registrados en el teléfono y los campos para hacerlo de forma manual.
4. El usuario selecciona el ícono  para ingresar a los contactos registrados en su teléfono.
5. La aplicación debe mostrar la lista de contactos agregados en el teléfono.
6. El usuario debe seleccionar uno de ellos y la aplicación debe llenar en forma automática los campos de Nombre y Número telefónico.
7. El usuario debe seleccionar la opción "Familiar".
8. El usuario debe presionar la opción "Guardar" y el contacto seleccionado se agrega a una lista.
9. Nuevamente el usuario presiona el botón para agregar otro contacto. Sigue el mismo proceso, pero esta vez selecciona la opción "Amigo". Posteriormente selecciona la opción "Añadir".
10. La aplicación debe asignar un ícono para el contacto definido como familiar y otro ícono para el contacto definido como amigo.

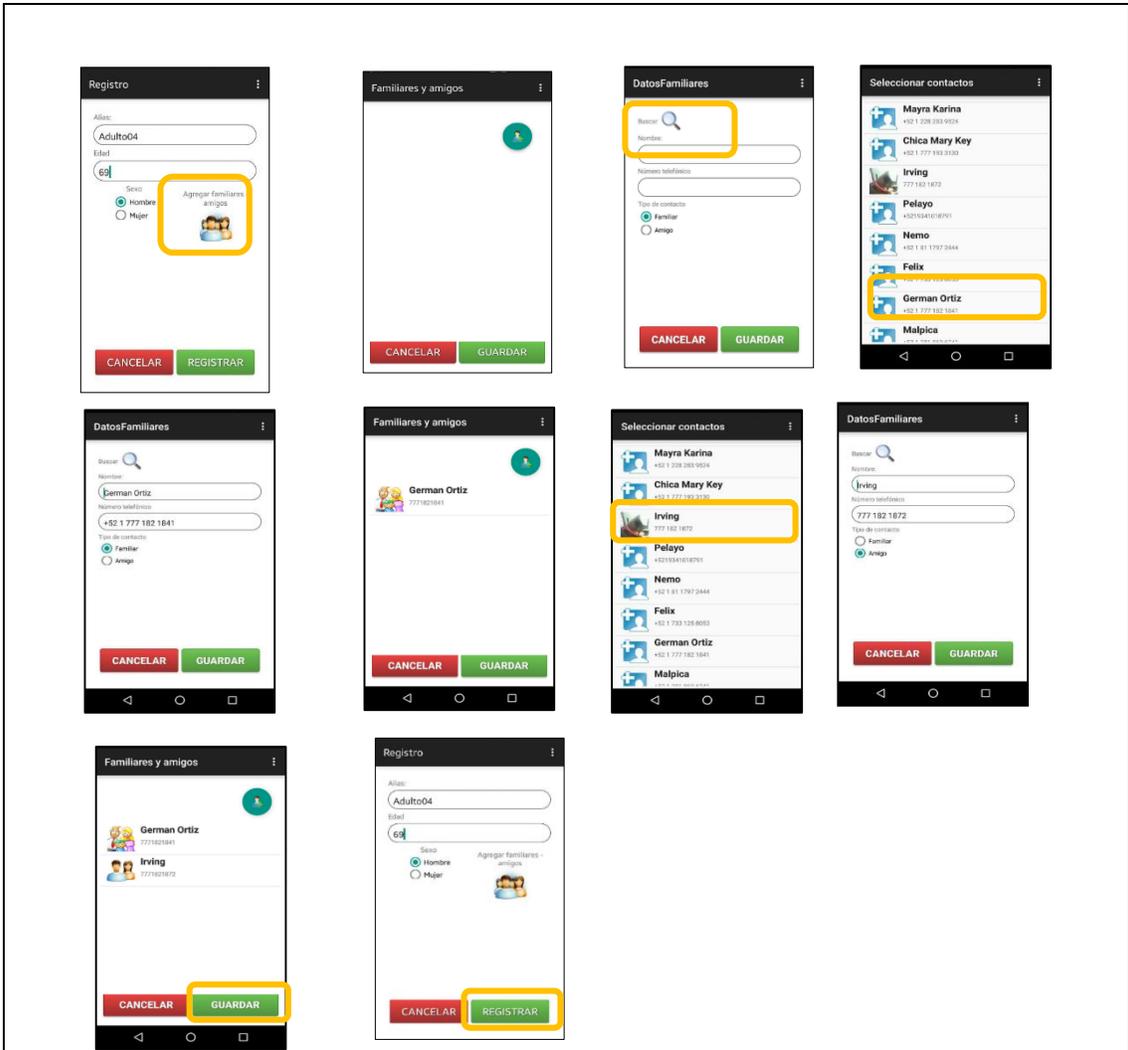


11. Por último, el usuario presiona la opción "Guardar".
12. La aplicación debe regresar a la pantalla de "Registro".

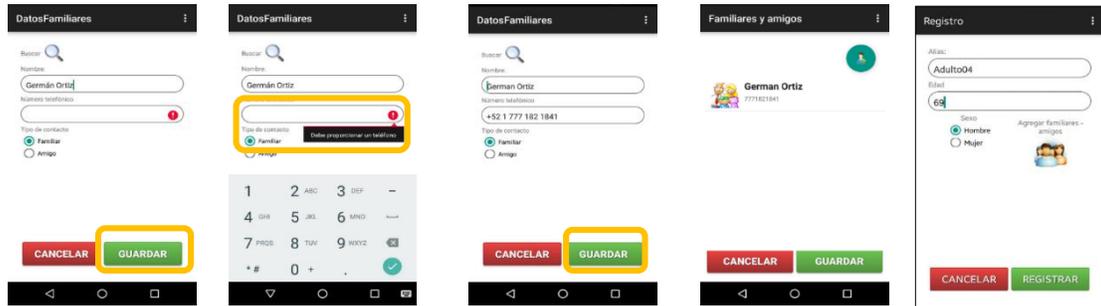
Flujo alternativo 1:

- 4.1 El usuario debe conocer el nombre y el teléfono de su contacto.
- 4.2 El usuario introduce el nombre de su contacto y presionar "Guardar".
- 4.4 La aplicación envía una advertencia donde se indica que se deben llenar todos los campos. Entonces el usuario añade el número telefónico del contacto.
- 4.5 El usuario debe seleccionar la opción "Familiar" o "Amigo" según sea el caso. La aplicación sólo debe permitir seleccionar una opción.
- 4.6 El usuario debe presionar la opción "Guardar" y el usuario se agrega a una lista.
- 4.7 Por ultimo presiona la opción "Guardar".
- 4.8 La aplicación debe regresar a la pantalla de "Registro".

Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.



Flujo alternativo 1:



Observaciones:
El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se edita uno de los familiares o amigos que se ha añadido en el proceso de registro. La prueba inicia a partir de que la aplicación muestra la lista de familiares y amigos que el usuario añadió.

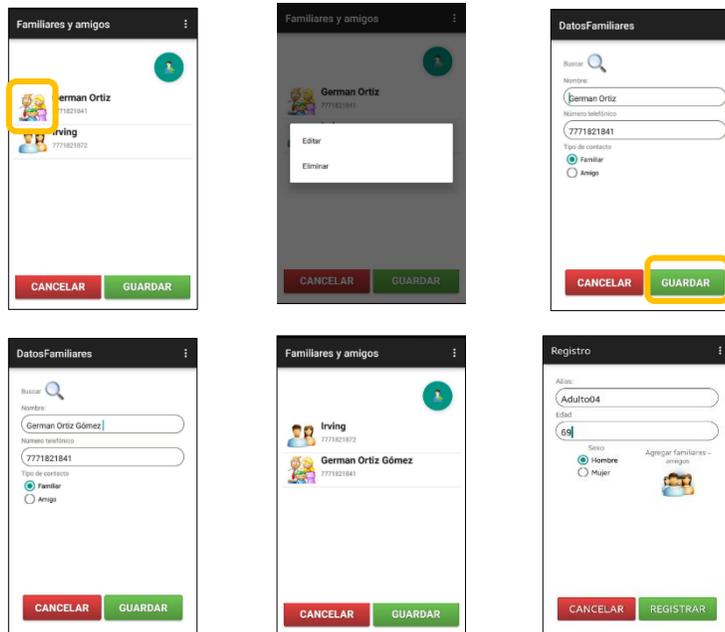
Los pasos a seguir para realizar esta prueba son los siguientes:

1. En la pantalla “Agregar familiares y amigos” la aplicación debe mostrar la lista de contactos que ha añadido el usuario.
2. El usuario debe presionar el ícono que se muestra a un lado del contacto, puede ser cualquiera de los siguientes, el ícono de la derecha se asocia a un familiar y el de la izquierda a un amigo:



3. La aplicación debe mostrar el menú contextual con las opciones: Editar y Eliminar.
4. El usuario selecciona la opción “Editar”.
5. La aplicación muestra la pantalla de “Agregar contactos” con los campos que contienen la información actual del contacto.
6. El usuario corrige el nombre del usuario o su número telefónico y presiona la opción “Guardar”.
7. La aplicación deber regresar a la pantalla donde se muestra la lista de contactos añadidos.
8. Si el usuario no desea hacer ningún otro cambio, presiona el botón “Guardar”.
9. La aplicación regresa a la pantalla “Registro”.

Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.

**Observaciones:**

El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se elimina uno de los familiares o amigos que se ha añadido en el proceso de registro. La prueba inicia a partir de que la aplicación muestra la lista de familiares y amigos que el usuario a añadido

Los pasos a seguir para realizar esta prueba son los siguientes:

1. En la pantalla “Agregar familiares y amigos” la aplicación debe mostrar la lista de contactos que ha añadido el usuario.
2. El usuario debe presionar el ícono que se muestra a un lado del contacto, puede ser

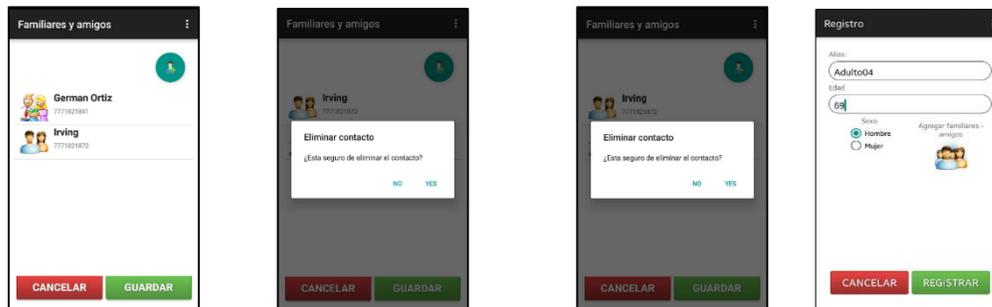


cualquiera de los siguientes:

3. La aplicación debe mostrar el menú contextual con las opciones: Editar y Eliminar.
4. El usuario selecciona la opción “Eliminar”.
5. La aplicación envía el siguiente mensaje de confirmación: “¿Está seguro de eliminar el contacto?”
6. El usuario presiona la opción “Si”
7. La aplicación quita de la lista al contacto que se seleccionó con anterioridad.
8. Si el usuario no desea eliminar a algún otro contacto, presiona el botón “Guardar”.
9. La aplicación regresa a la pantalla “Registro”.

Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.

1.



Observaciones:

El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se indica el proceso de extracción de llamadas. En este módulo se programó un servicio de Android para que a la hora definida (10:30 P.M.) recoja la información referente a las llamadas que realizó o recibió el adulto mayor durante el día. Este módulo se ejecuta en segundo plano por lo tanto el usuario no puede verificar la información dentro de la aplicación.

Para comprobar que se realiza la extracción de los datos se realizó lo siguiente:

1. Se dio de alta el siguiente usuario:
Alias: Adulto04
Edad: 70
Seleccionar en la opción "Género": *Hombre*
2. Y se agregaron los siguientes contactos:
Familiar: Mamá3/ 7771821841
Amigo: Vicky/ 7772148469
3. Se realizaron y se recibieron llamadas de ambos números.
4. La aplicación ejecutó el servicio programado.
5. Se verificó en la base de datos remota que la información coincide con los registros guardados en el teléfono móvil, es decir, que la fecha, duración y tipo de llamada corresponden a los registros dentro del teléfono.

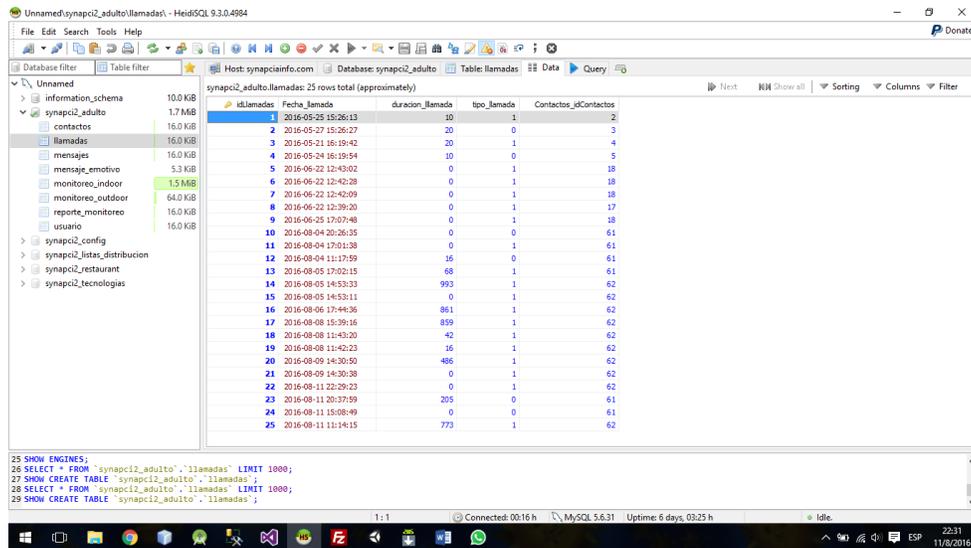
Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.

Fecha 11/08/2016

- a) En la Figura se puede observar que a las 10:29 p.m. se realizó una consulta a la tabla "llamadas" y aún no se encuentran registros insertados de las llamadas del día 11 de agosto.

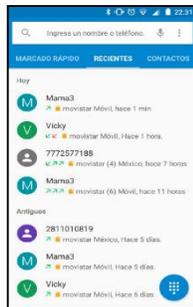
id_llamada	Fecha_llamada	duracion_llamada	tipo_llamada	Contactos_elContactos
1	2016-05-25 15:26:13	20	1	2
2	2016-05-27 15:26:27	20	0	3
3	2016-05-21 16:19:42	20	1	4
4	2016-05-24 16:19:54	10	0	5
5	2016-06-22 12:42:02	0	1	18
6	2016-06-22 12:42:28	0	1	18
7	2016-06-22 12:42:09	0	1	18
8	2016-06-22 12:39:20	0	1	17
9	2016-06-25 17:57:48	0	1	18
10	2016-08-04 20:20:35	0	0	61
11	2016-08-04 17:01:38	0	1	61
12	2016-08-04 11:17:59	16	0	61
13	2016-08-05 17:02:15	68	1	61
14	2016-08-05 14:53:33	993	1	62
15	2016-08-05 14:53:11	0	1	62
16	2016-08-06 17:44:36	861	1	62
17	2016-08-08 15:39:16	899	1	62
18	2016-08-08 11:43:20	42	1	62
19	2016-08-08 11:42:23	16	1	62
20	2016-08-09 14:30:50	466	1	62
21	2016-08-09 14:30:38	0	1	62

- b) En la siguiente Figura se muestra una nueva consulta a la tabla "llamadas" realizada a las 10:31 p.m. y se puede observar que ya se encuentran almacenados los registros. En la base de datos únicamente se guardan la fecha, hora y duración en segundos de las llamadas.



22	2016-08-11 22:29:23	0	1	62
23	2016-08-11 20:37:59	205	0	61
24	2016-08-11 15:08:49	0	0	61
25	2016-08-11 11:14:15	773	1	62

Por último, se muestran evidencias del teléfono móvil. En el cual se registraron las llamadas. Se observa que son un total de 4 llamadas. 2 recibidas y 2 realizadas.



Observaciones:

El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

CP_AA_6

Aprobado

Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se indica el proceso de extracción de mensajes. En este módulo se programó un servicio de Android para que a la hora definida (10:30 P.M.) recoja la información referente a los mensajes que envió o recibió el adulto mayor durante el día. Este módulo se ejecuta en segundo plano por lo tanto el usuario no puede verificar la información dentro de la aplicación.

Para comprobar que se realiza la extracción de los datos se realizó lo siguiente:

1. Se dio de alta el siguiente usuario:

Alias: Adulto04

Edad: 70

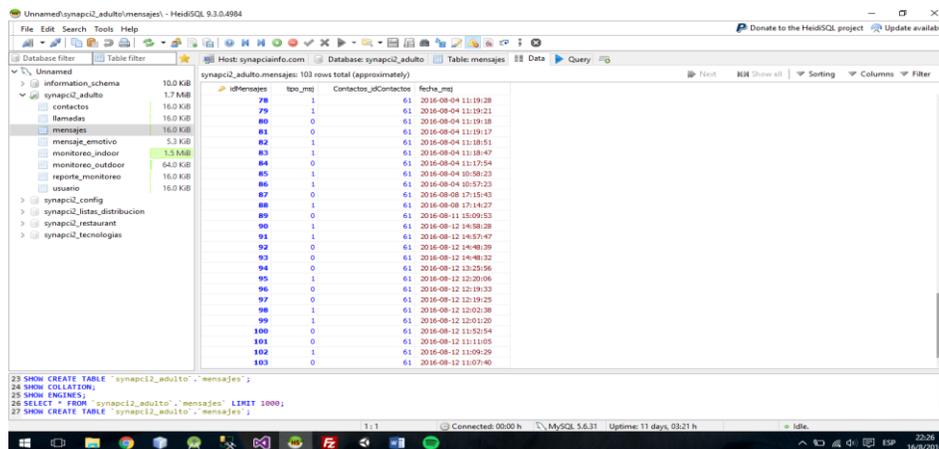
Seleccionar en la opción "Género": Hombre

- Y se agregaron los siguientes contactos:
Familiar: Mamá3/ 7771821841
Amigo: Vicky/ 7772148469
- Durante dos días se enviaron mensajes y se recibieron de ambos números.
- La aplicación ejecutó el servicio programado.
- Se verificó en la base de datos remota que la información coincide con los registros guardados en el teléfono móvil, es decir, que la fecha y tipo de mensaje corresponden a los registros dentro del teléfono.

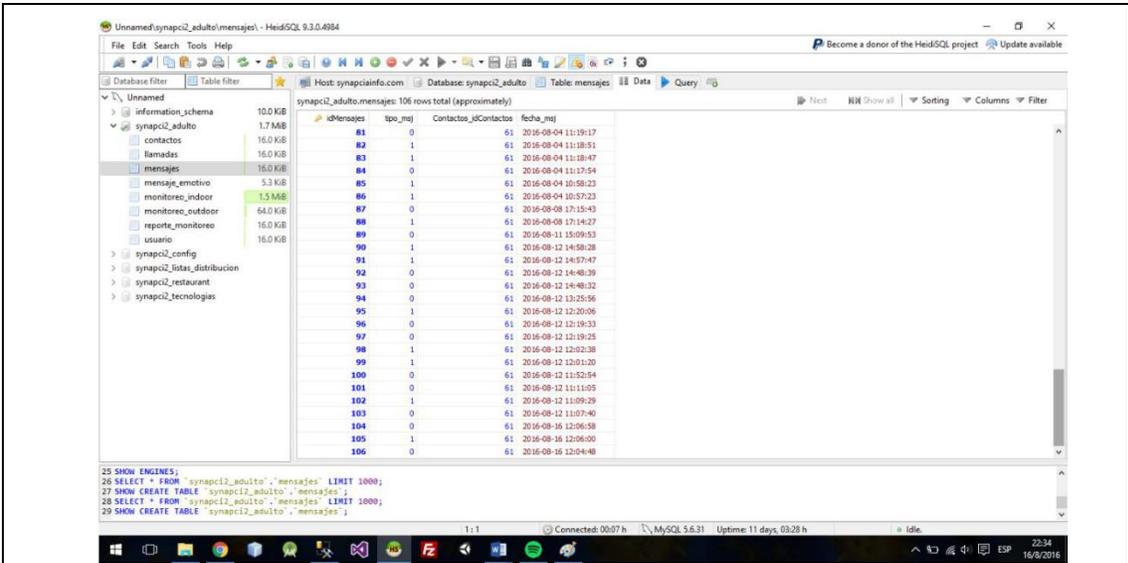
Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.

Fecha 16/Agosto/2016

- En la Figura se puede observar que a las 10:26 p.m. se realizó una consulta a la tabla "mensajes" aún no se encuentran registros insertados de los mensajes del día 16 de agosto.



- En la siguiente Figura se muestra una nueva consulta a la tabla "mensajes" realizada a las 10:34 p.m. y se puede observar que ya se encuentran almacenados los registros. Cabe señalar que en la base de datos no se guarda el contenido de los mensajes, únicamente se guardan la fecha y hora de los mensajes y el número telefónico del contacto.



c) Por último, se muestran evidencias del teléfono móvil. En el cual se registraron los mensajes.

Se observa que son un total de 2 mensajes, 2 recibidos y 1 enviado.



Observaciones:

El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

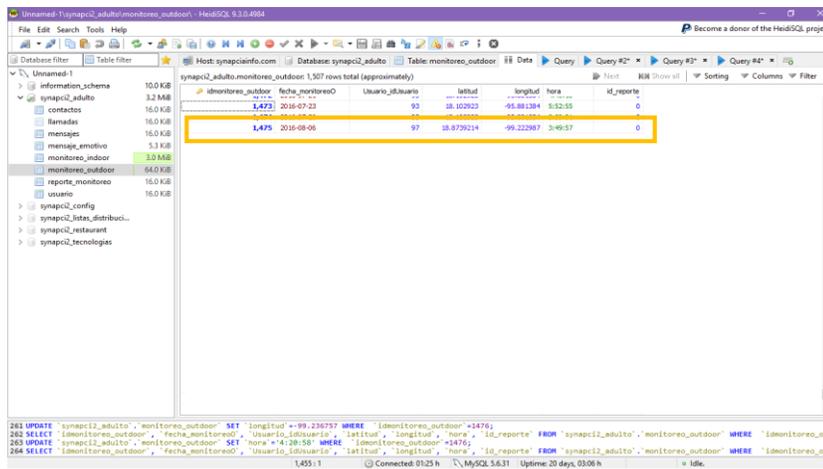
CP_AA_7	Aprobado
<p>Desarrollo de la prueba:</p> <p>En esta prueba se indica el proceso para obtener la cantidad de lugares que el adulto mayor visita. Este módulo se desarrolló utilizando las tecnologías de google maps y el gps incluido es los teléfonos inteligentes. La función es realizar una evaluación cada 30 min que consta de obtener la distancia del punto guardado con las coordenadas actuales, se verifica que la distancia sea mayor a 500 m y si es así, se guarda como un lugar visitado. Así mismo se en este módulo se programó un servicio de Android para que esté realizando la evaluación antes mencionada. Este módulo se ejecuta en segundo plano por lo tanto el usuario no puede verificar la información dentro de la aplicación.</p>	

Para comprobar que se realiza la extracción de los datos se realizó lo siguiente:

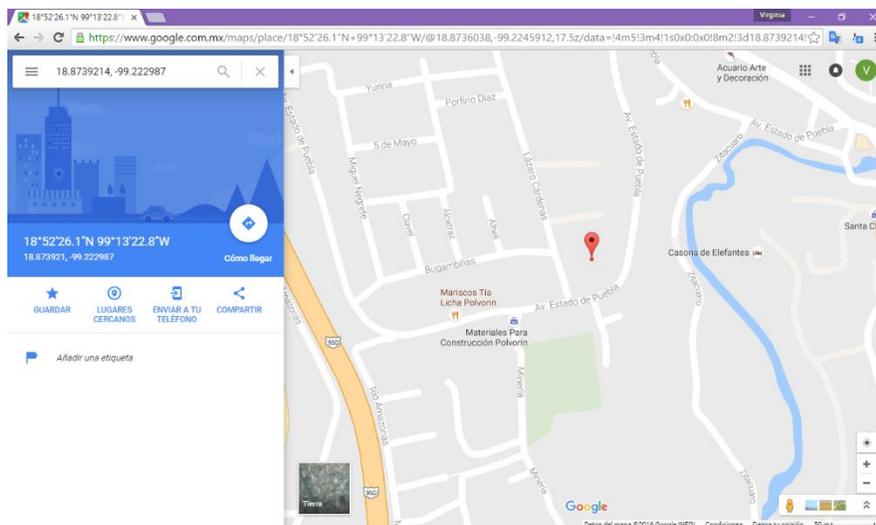
1. Con los datos del usuario registrado anteriormente (Adulto04).
2. La aplicación inicia el servicio programado inmediatamente después de ser instalada y registra las coordenadas donde se encuentra el usuario.
3. El encargado de la prueba se mueve a otra ubicación y se verifica que se haya insertado un nuevo registro.
4. Auxiliándonos del portal de Google Maps se introducen las coordenadas de los registros regenerados en la base de datos para verificar que su ubicación sea correcta.

Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.

- a) Se muestra el primer registro de la localización del usuario después de que ha instalado la aplicación.



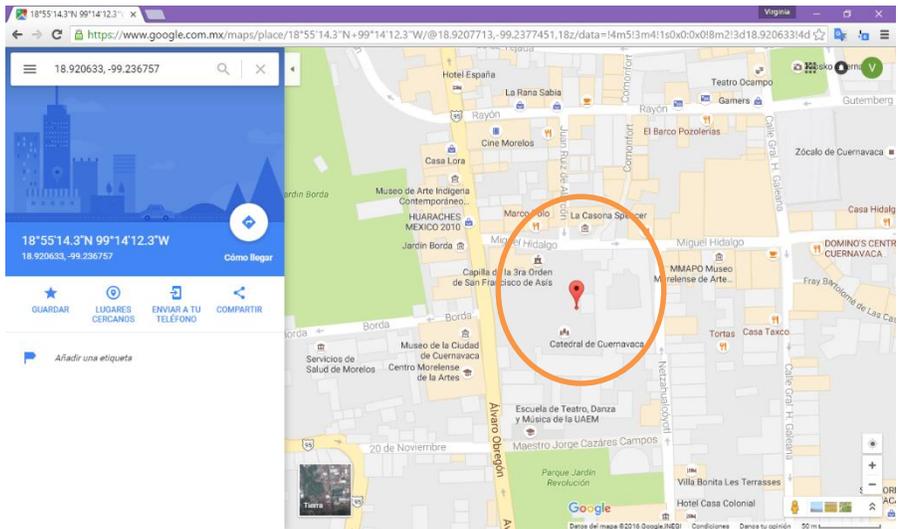
- b) Se confirma con la ayuda de Google Maps que la ubicación del usuario sea correcta.



- c) Después de 30 minutos, se verifica nuevamente la base de datos que se registre la nueva posición del usuario.

idmonitoreo_outdoor	fecha_monitoreo0	Usuario_idUsuario	latitud	longitud	hora	id_reporte
1,473	2016-07-23	93	18.102923	-95.881384	9:52:55	0
1,474	2016-07-26	93	18.102923	-95.881384	3:39:51	0
1,475	2016-08-06	97	18.979214	-99.222697	3:49:57	0
1,476	2016-08-06	97	18.920633	-99.236757	4:20:58	0

- d) Por último, se confirma que la ubicación registrada sea correcta.



Observaciones:
El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

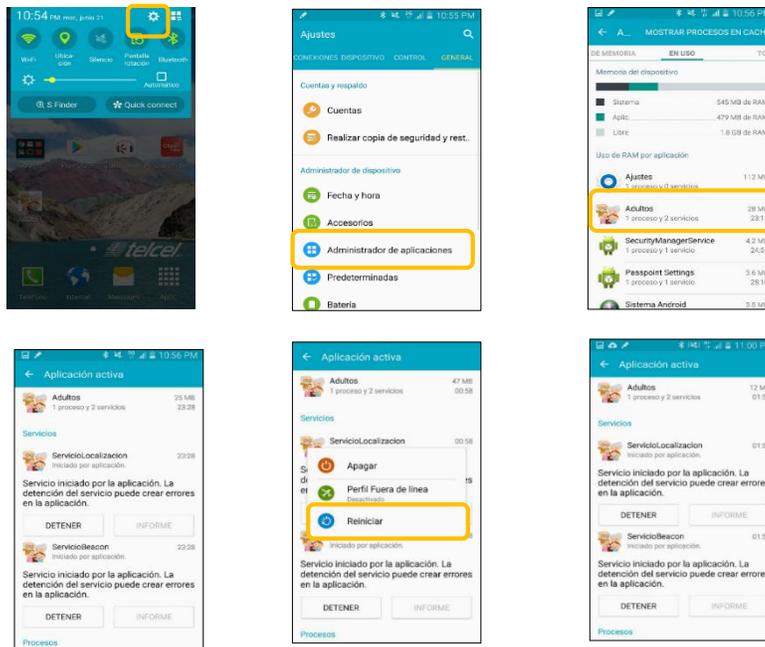
Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se validó que los servicios programados para extraer la información de los módulos de monitoreo se reinicien cuando el teléfono se reinicia. Los servicios programados son ServicioLocalizacion para extraer la información del módulo Monitoreo Outdoor y ServicioBeacon para el módulo Monitoreo Indoor.

Para comprobar que se reinician los servicios se realizó lo siguiente:

1. Se siguió la siguiente ruta: Configuración/Administración de aplicaciones/ En uso/Adultos
2. Se verificó que los servicios se encuentren activos.
3. Se reinició el teléfono celular.
4. Se verifica que los servicios se encuentren nuevamente activos.

Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.



Observaciones:

El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se validó que el servicio programado en Android obtenga de manera correcta la cantidad de minutos que un adulto mayor pasa en cada una de las habitaciones de su hogar. Para poder realizar esta prueba primero se validó que los dispositivos Bluetooth estuvieran calibrados correctamente. Se consideró el rango de alcance idóneo sean dos metros, para evitar que exista traslapamiento de la señal.

Para realizar la calibración de los sensores se realizó lo siguiente:

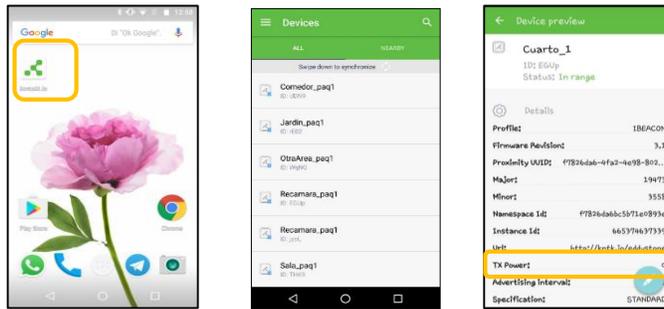
1. Mediante la aplicación móvil que nos proporciona el proveedor se verificó que el Bluetooth del teléfono celular detecta los dispositivos. La aplicación muestra la lista de dispositivos.
2. Se selecciona uno de los dispositivos y se ingresa a la pantalla de configuración.
3. Se selecciona la opción Tx Power. Se le asigna el valor "0" que corresponde a 2 metros de alcance.
4. El autor de la prueba se desplazó llevando el teléfono con él y se observó que después de 2m ya no es detectado.

Para verificar la precisión de los Beacons, el usuario realizó lo siguiente:

1. Colocó 3 Beacons en las siguientes habitaciones: Recámara1, Recámara2 y Sala.
2. La aplicación activa automáticamente el Bluetooth.
3. El usuario permanece en la Recámara1 por 9 minutos y se desplaza a la Recámara2 donde pasa 4 minutos.
4. Por último, se desplaza a la sala y la aplicación le informa en que habitación se encuentra.

Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.

Calibración de los sensores



Precisión de los Beacons



Observaciones:

El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

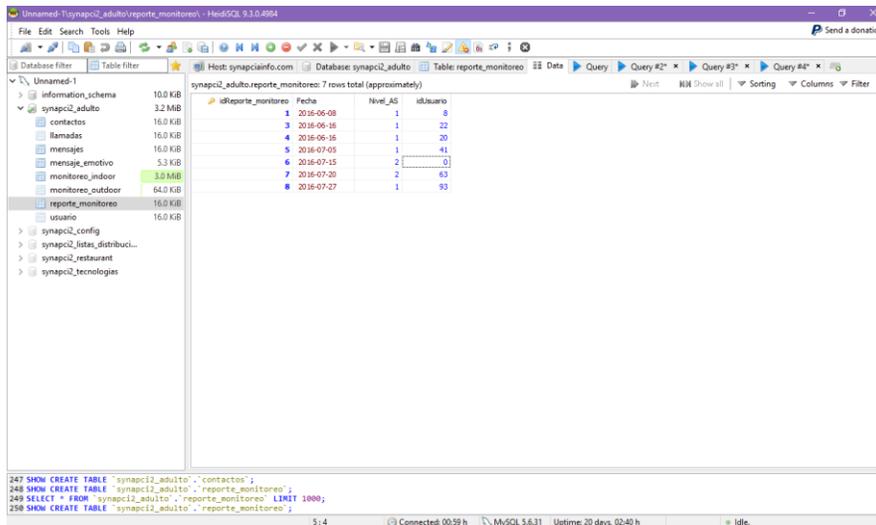
Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se validó que una vez terminado el periodo de evaluación, se genere un reporte del nivel de aislamiento social detectado. Se programó un servicio encargado de realizar el reporte al final del día (10:30 P.M.) en el que concluye el periodo de evaluación.

Para realizar la validación del servicio se hizo lo siguiente:

1. Se realiza una tabulación de la información contenida en la base de datos para obtener los valores de las variables relevantes que requiere el modelo de detección de Aislamiento Social.
2. Se ejecuta el algoritmo del modelo de predicción.
3. Se guarda en nivel de Aislamiento social encontrado en la base de datos.
4. Se verifica que el registro del reporte se encuentre en la base de datos.

Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.



synapci2_adulto.reporte_monitoreo: 7 rows total (approximately)

idReporte_monitoreo	Fecha	Nivel_AS	idUsuario
1	2016-06-08	1	8
3	2016-06-16	1	22
4	2016-06-16	1	20
5	2016-07-05	1	41
6	2016-07-15	2	0
7	2016-07-20	2	63
8	2016-07-27	1	93

Observaciones:

El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

ANEXO B

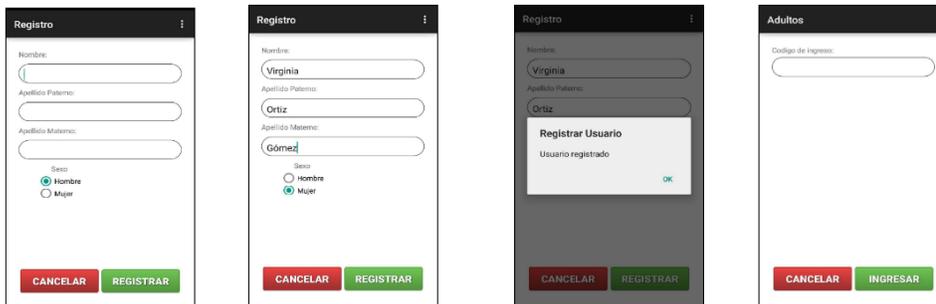
**Casos de prueba de la aplicación del
cuidador**

Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se realizó el registro de un cuidador. La prueba inicia a partir de que la aplicación ya se encuentra instalada. Los pasos a seguir para realizar esta prueba son los siguientes:

1. Presionar el ícono de la aplicación “Adultos”.
2. La aplicación debe mostrar la pantalla “Registro”.
3. El usuario captura sus datos.
4. La aplicación manda el siguiente mensaje de confirmación “Usuario Registrado”.
5. La aplicación debe solicitar el código de ingreso.

Evidencias del desarrollo de la prueba: Se muestran las evidencias por medio de capturas de pantalla que demuestran la funcionalidad de la prueba.

**Flujo alternativo 1:**

2.1 El usuario presiona el botón “Registrar”

2.2 La aplicación manda el siguiente mensaje de error: “Se deben llenar todos los campos”.

**Observaciones:**

El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se realizó el ingreso a los datos del adulto mayor. La prueba inicia a partir de que la aplicación ya se ha realizado el registro del cuidador. Los pasos a seguir para realizar esta prueba son los siguientes:

1. La aplicación muestra una ventana donde se solicita el código de ingreso.
2. El usuario debe ingresar el código del adulto mayor.
3. La aplicación muestra la pantalla de Bienvenida.

**Observaciones:**

El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

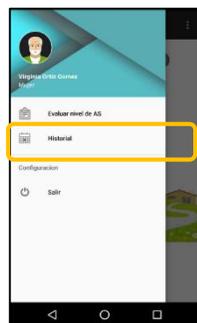
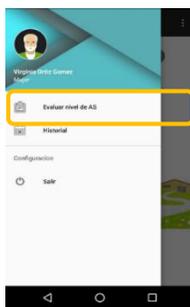
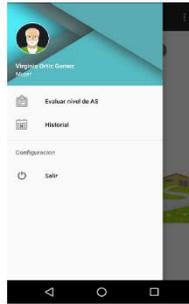
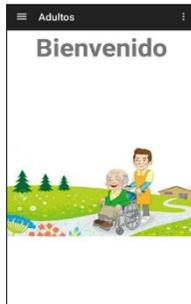
Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.

Desarrollo de la prueba:

En esta prueba se realizó el ingreso a los datos del adulto mayor. La prueba inicia a partir de que el usuario visualiza la pantalla de bienvenida. Los pasos a seguir para realizar esta prueba son los siguientes:

1. En la pantalla de Bienvenida, el usuario pulsa botón del menú.
2. La aplicación muestra las opciones disponibles.
3. El usuario presiona la opción "Evaluar nivel de AS"
 - 3a) La aplicación realiza una evaluación de los datos recolectados desde el inicio del periodo de evaluación hasta la fecha. Dependiendo del resultado el usuario puede ver alguna de las siguientes pantallas.
4. El usuario presiona la opción "Historial".
 - 4a) A partir de que se instala la app en el teléfono del adulto mayor se inicia el periodo de evaluación y una vez que concluye se guarda un reporte con el nivel de AS encontrado.

Cuando el usuario selecciona la opción Historial se extrae este reporte y se muestra en la pantalla.



Observaciones:
El desarrollo de la prueba se ejecutó correctamente sin manifestar problemas.

Responsable de la prueba: Virginia Ortiz Gómez.