

# Intelligent Platform for Non Intrusive Assistance of Elderly People

M. E. L. Mejia, J. R. G. Montalvo, F. M. Mena and F. A. M. Ramirez

**Abstract**— In this paper we present PIANI, an Intelligent Platform for Non Intrusive Assistance of Elderly People able to do activities in outdoor environments. PIANI allows inferring the risk level of the activity that an elderly person is currently doing out of his home. Also, our platform uses the smartphone of the user in order to collect geographic and time information which is used by the PIANI's server to calculate risk through formulas of probability and thus non intrusively determine the action to be performed when there is a high risk situation.

**Keywords**— Elderly people, Ambient Assisted Living, Smartphone, GPS.

## I. INTRODUCCIÓN

CON los avances de la ciencia y la tecnología en el área de la salud se ha logrado incrementar la longevidad de las personas. Como consecuencia, se tiene que el número total de adultos mayores va en aumento, lo que ha generado nuevos escenarios económicos y sociales, en donde las personas de la tercera edad juegan un rol central. Solamente en México, desde los años 40, la tasa de crecimiento promedio anual ha sido superior al 3% [1]. En el año 2010, el Censo de Población y Vivienda indicó que el 9.0% de la población era adulta mayor, y para el 2050 se estima que será del 27.95% [2]. Específicamente en México, a los adultos mayores se les considera parte de los grupos vulnerables con riesgo social dado que la gran mayoría vive en dependencia, sin roles definidos y se les excluye en la toma de decisiones [1]. Más difícil aún, las costumbres en la sociedad también están cambiando y parece que cada vez es menos el tiempo que familiares dedican al cuidado de sus adultos mayores [3, 4].

Es tan importante atender los problemas y necesidades de las personas de la tercera edad que existen organizaciones internacionales, e.g., [4] y nacionales, e.g., [5] realizando esfuerzos para mejorar la calidad de vida de los adultos mayores. Sin duda, las personas de la tercera edad mantienen el deseo de llevar una vida independiente, cómoda y digna; así como de realizar actividades cotidianas y recreativas, de convivir con su comunidad y con su familia.

El área de la Vida Cotidiana Asistida por el Entorno (AAL, por sus siglas en inglés), surge con la finalidad de desarrollar entornos que brinden ayuda y soporte a los adultos mayores,

especialmente, al momento de realizar sus actividades cotidianas. Ciertamente, los entornos de asistencia cuentan con soluciones y herramientas tecnológicas para que los adultos mayores mantengan un estilo de vida autónomo y, al mismo tiempo, asistirlos en sus actividades diarias, mediante el desarrollo de productos y servicios inteligentes, como por ejemplo, el cuidado remoto [6].

En este trabajo se clasifican a los entornos de asistencia de vida diaria en internos y externos, según la ubicación del usuario que realiza una actividad. Los entornos internos son aquellos que se encuentran al interior de un inmueble, por ejemplo, su hogar u oficina. Por otro lado, los entornos externos son los que se encuentran en la comunidad del usuario como por ejemplo, un parque, una tienda de conveniencia, un centro comercial, etc.

Frecuentemente, las actividades cotidianas que un adulto mayor realiza, sobrepasan los límites de su hogar y, por lo tanto, no siempre es posible asistirlos utilizando la misma tecnología y/o herramientas de asistencia que se emplea en entornos internos. En esos escenarios, los ambientes de asistencia exteriores proveen de ayuda al adulto mayor y facilitan su interacción con la comunidad, brindándoles mayor confianza para realizar sus actividades cotidianas al exterior.

Este trabajo tiene como propósito asistir a los adultos mayores que viven de manera independiente y que, de manera frecuente y rutinaria, realizan actividades al exterior de su hogar. Se propone una Plataforma Inteligente para la Asistencia No Intrusiva (PIANI) para la asistencia en la vida diaria de las personas de la tercera edad que realizan actividades en entornos externos. De manera precisa, PIANI identifica el riesgo de las actividades que realiza el adulto mayor al exterior de su hogar y envía notificaciones directamente al usuario o sus familiares cuidando que el usuario no se sienta observado ni supervisado. En otras palabras, PIANI brinda al adulto mayor una asistencia digital no intrusiva en sus actividades cotidianas fuera del hogar.

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

Se han realizado diversos trabajos de investigación y desarrollo, tanto científico como comercial, con los cuales se ayuda y asiste a las personas de la tercera edad en sus actividades cotidianas fuera del hogar.

En Google Play se pueden encontrar aplicaciones como Seguimiento GPS [7] el cual muestra en un mapa los íconos de las ubicaciones de miembros de la familia o amigos. Siendo una aplicación útil para conocer el paradero de los niños y también para monitorear la ubicación de los adultos mayores y mantenerlos seguros. Otra de las aplicaciones que se encuentran en la plataforma de Google Play es Alerta

M. E. L. Mejia, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México, melchor12\_1@hotmail.com.

J. R. G. Montalvo, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México, jgomez@uady.mx.

F. M. Mena, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México, mmena@correo.uady.mx.

F. A. M. Ramirez, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México, mramirez@uady.mx.

Motorola [8], la cual consiste en establecer lugares como la casa, escuela y el trabajo, y notificar automáticamente a las personas que hayan sido designadas previamente cuando se llegue o se salga de dichos lugares. Estas dos aplicaciones ya están disponibles para cualquier teléfono inteligente Android y para cualquier teléfono inteligente Motorola, respectivamente, sin embargo, su función únicamente es de monitoreo y su uso es genérico, es decir, no son aplicaciones especializadas para la asistencia de personas de la tercera edad.

Canderoid [9] es un sistema que utiliza diversos sensores del teléfono inteligente del adulto mayor, tales como la cámara, el GPS, el acelerómetro y el magnómetro. La información que proveen los sensores es usada por un cuidador quien, a través de una página web, vigila al usuario.

iWander [10] es un sistema que emplea una Red Bayesiana para detectar cuando un adulto mayor está vagando en la ciudad. La red utiliza variables como el nivel de demencia, clima, tiempo que ha permanecido fuera, para calcular la probabilidad de vagancia. Si la probabilidad es alta, el sistema ayuda al usuario a regresar a una zona segura.

El sistema de teleasistencia propuesto en [11] usa el GPS de dispositivos Android para determinar si el usuario se encuentra en una zona segura o no. Las delimitaciones de zonas y rutas por las que el usuario puede transitar, así como la asistencia, si es requerida, es realizada por un cuidador profesional.

Un servidor web para el monitoreo de adultos mayores es propuesto en [12]. Este sistema solo requiere de algún dispositivo con conectividad a internet o a una red GPRS y mediante la delimitación de sitios seguros, notifica a un cuidador cuando el adulto mayor esté en una zona insegura.

PIANI también trabaja definiendo zonas, sin embargo, no considera a las zonas como seguras o inseguras, sino como sitios en donde el adulto mayor realiza actividades, y son estas actividades las que serán evaluadas para determinar si existe riesgo o no. Por esto, PIANI tiene la capacidad de identificar, de manera autónoma, las actividades rutinarias que el adulto mayor realiza en su vida diaria, y diferenciarlas de las actividades que realiza esporádicamente o que no suele realizar.

De manera similar a iWander, y a diferencia de las demás, nuestra plataforma solo notificará a un cuidador cuando el riesgo sea muy alto, ya que primero se le advertirá al propio adulto mayor del posible riesgo en el que se encuentra. Este mecanismo ofrece una mayor privacidad al adulto mayor debido a que el nivel de intrusión a su vida personal se minimiza.

### III. MODELO PROBABILÍSTICO

En este trabajo, se propone que PIANI calcule el riesgo de una actividad. No obstante, para calcular el riesgo es necesario conocer la probabilidad con la que un usuario realiza una actividad  $A$ , dado sus parámetros de ubicación  $U$ , de día de la semana  $F$ , de duración  $D$  y de hora  $H$ . Ciertamente, PIANI registra, diariamente, las actividades del usuario.

Para cada día de la semana y para cada actividad se registra lo siguiente:

Sea  $l$  el evento de llegar al punto  $U$ .

Sea  $h$  el evento de llegar al punto  $U$  a la hora  $H$ .

Sea  $d$  el evento de permanecer  $m$  minutos en el punto  $U$ .

Sea  $f$  la restricción de realizar la actividad el día  $F$  de la semana.

Los eventos  $l$ ,  $h$  y  $d$ , se consideran no independientes, ya que, en la realidad, existe una fuerte relación entre ellos. La fecha ( $F$ ) se emplea como restricción, y no como evento, debido a las diferencias en las rutinas que los adultos mayores realizan según el día de la semana, esto es, las actividades que realiza el lunes serán diferentes a las que realice un miércoles o un sábado. En consecuencia, restringir con respecto al día de la semana permite hacer un análisis más preciso de las probabilidades de los eventos pues se elimina la divergencia entre las actividades realizadas en días específicos.

Ahora bien, la probabilidad de que ocurran los tres eventos ( $l$ ,  $h$ ,  $d$ ), se obtiene de la triple intersección de dichos eventos, con la restricción del día de la semana. Así, para obtener la probabilidad de la actividad  $A$  es necesario calcular la  $P(l\ h\ d)$ , que por la regla del producto es:

$$P(A) = P(l\ h\ d) = P(l) * P(h|l) * P(d|l\ h) \quad (1)$$

La probabilidad de que ocurra el evento  $l$ , es decir, la probabilidad de estar en el punto de interés  $U$ , se obtiene dividiendo el número de veces que ha ocurrido  $l$  en los días  $F$ , entre el número total de actividades realizadas los días  $F$ .

La probabilidad de que ocurra el evento  $h$ , es decir, la probabilidad de llegar a la hora  $H$  dado que se llegó al punto de interés  $U$ , se obtiene dividiendo el número de veces que ha ocurrido el evento  $h$  y el evento  $l$  en los días  $F$ , entre el número de veces que ha ocurrido el evento  $l$  en los días  $F$ . Esta fórmula se obtiene por la definición de probabilidad condicional [13], donde:

$$P(h|l) = P(h\ l) / P(l) \quad (2)$$

La probabilidad de que ocurra el evento  $d$  dado que han ocurrido los eventos  $l$  y  $h$ , es decir, la probabilidad de durar  $m$  minutos dado que se llegó al punto de interés  $U$  a la hora  $H$ , se obtiene dividiendo el número de veces que han ocurrido los eventos  $h$ ,  $l$  y  $d$  en los días  $F$ , entre el número de veces que han ocurrido los eventos  $l$  y  $h$  en los días  $F$ . Similar al caso anterior, este cálculo se obtiene por la definición de probabilidad condicional [13], donde:

$$P(d|l\ h) = P(d\ l\ h) / P(l\ h) \quad (3)$$

Por ejemplo, la actividad de Bob camina en el parque verde, en lunes a partir de 18:00 hasta las 19:00, se desea conocer, en un día lunes, ¿Cuál es la probabilidad de que Bob llegue al parque verde a las 18 horas y permanezca ahí 60 minutos? Entonces, los eventos que componen esta actividad son:

El evento  $l$  es Bob está en el parque verde.

El evento  $h$  es Bob llega al parque verde a las 18:00.

El evento  $d$  es Bob permanece en el parque verde 60 minutos.

La restricción de la fecha  $f$  es lunes.

Los puntos de interés, los lugares, cuentan con la flexibilidad que les proporciona el radio, por lo tanto basta con que el usuario esté en las coordenadas del punto de interés más menos el radio para asumir que esté en dicho punto de

interés. Por si solos, la hora y la duración no cuentan con esta flexibilidad, por ejemplo, las 10:30 es una hora que se analiza diferente que si fueran las 10:35 y durar 45 minutos es diferente que durar 40. Esta flexibilidad se considera debido a que en la vida real, la exactitud en la duración y la puntualidad en la hora es complicado de alcanzar. Por ejemplo, la actividad Bob camina por el parque de 10:00 am a 11:00 am el sábado podría no ser siempre realizada con esa exactitud; supongamos que en la realidad, con datos de 4 sábados, se tiene que el primer sábado Bob llegó a las 9:55 y se quitó a las 11:10; el segundo sábado llegó a las 10:00 y se quitó a las 10:55; el tercer sábado llegó a las 9:50 y se quitó a las 11:00; y el cuarto sábado llegó a las 10:05 y se quitó a las 10:50. La probabilidad de que Bob esté en el parque exactamente a las 10:00 am y permanezca ahí exactamente 60 minutos en un sábado es 0, lo que implica un riesgo alto, pero ese riesgo resulta ser un falso positivo.

Para solventar este problema se le proporciona a la hora y la duración un rango en el cual poder trabajar, similar al radio en los puntos de interés. Este rango se obtiene con la desviación estándar, en minutos, tanto de la hora como de la duración. Para el ejemplo anterior, la desviación estándar de la hora es de aproximadamente 6 minutos y la desviación estándar de la duración es de aproximadamente 10 minutos. Por lo tanto, en lugar de calcular la probabilidad de que Bob esté en el parque exactamente a las 10:00 am y permanezca ahí exactamente 60 minutos en un sábado se calcula la probabilidad de que Bob esté en el parque entre las 09:54 y las 10:06 am y permanezca ahí entre 50 y 70 minutos en un sábado.

#### IV. RIESGO DE UNA ACTIVIDAD

En el diccionario de la Real Academia Española se define riesgo como contingencia o proximidad de un daño. Otra parte de la problemática, planteada en este trabajo, radica en establecer el riesgo que corre el usuario cuando realiza una actividad fuera de su hogar.

En este proyecto definimos el Riesgo( $R$ ) como el inverso de la probabilidad de esa actividad, es decir:

$$R(A) = 1/P(A) \quad (4)$$

Como ya se ha mencionado, la probabilidad de una actividad depende de los valores de los parámetros que la caracterizan. Así pues, la probabilidad de una actividad es mayor cuando los parámetros de ubicación, hora y duración tienen valores habituales. Por ejemplo, si tenemos que, de manera habitual, Bob realiza la actividad:

$A_1$  = camina en el parque verde, los lunes a partir de 18:00 hrs y hasta las 19:00 hrs.

y, además, se tiene que Bob ha realizado las actividades:

$A_2$  = camina en el parque verde, en lunes a partir de 18:00 hrs y hasta las 19:30 hrs.

$A_3$  = camina en el parque verde, en lunes a partir de 23:00 hrs y hasta las 24:00 hrs.

Entonces se espera que:  $P(A_3) < P(A_2) < P(A_1)$ .

PIANI establece diferentes niveles de riesgo, de esta manera, es posible definir políticas de acción con diferentes niveles de intrusión en la vida cotidiana del usuario. Por

ejemplo, cuando el riesgo es muy bajo o bajo se notifica y consulta directamente al usuario, pero cuando el riesgo es alto o muy alto, PIANI notifica a Bob y también a sus familiares o médicos. Es decir, a menor riesgo de una actividad se tiene menor o nula intrusión en la vida diaria del usuario, pero a mayor riesgo de la actividad es necesario notificar a terceras personas, e.g. médicos o familiares.

Un factor importante para el éxito en el uso de las herramientas y tecnologías para la asistencia digital de la vida diaria de las personas de la tercera edad, es mantener la sensación de vida independiente, de no sentirse observados ni supervisados, mucho menos monitoreados. Un asistente digital que informa o notifica absolutamente todos los movimientos de una persona a terceros (familiares o médicos), termina por desmotivar fuertemente a su usuario, ya que su vida privada queda notoriamente expuesta. La asistencia no intrusiva de este tipo de herramientas es un requerimiento fundamental en la vida de las personas de la tercera edad.

Ahora bien, ¿qué tanto puede o debe un sistema AAL intervenir durante las actividades del usuario? Una interacción baja de PIANI con el usuario puede ocasionar que se exponga al usuario a algún riesgo potencial. Por otro lado, la interacción excesiva desalentaría el uso de PIANI, ya que ocasionaría la sensación de supervisión o vigilancia en el usuario. Para encontrar el nivel de intrusión óptimo se requiere establecer una serie de políticas que permitan determinar cuándo es necesario y conveniente intervenir en las actividades del adulto mayor.

Como la probabilidad de que el adulto mayor realice cierta actividad determina el riesgo de esta, las políticas no intrusivas establecen el rango de esas probabilidades para cada uno de los niveles de riesgo y con esto se toma la decisión de qué acción tomar, en donde, con un riesgo bajo (probabilidad mayor al 10%) no se toma ninguna acción; con riesgo medio (probabilidad entre 10% y 5%) se notifica al propio adulto mayor y con un riesgo alto (probabilidad menor al 5%) se alerta a algún familiar o a la persona responsable.

#### V. ARQUITECTURA

La arquitectura de la aplicación está conformada por dos componentes principales, ver Fig. 1. El componente Cliente ubica al usuario mediante GPS, almacena puntos de interés y actividades, determina cuándo se inicia o se finaliza una actividad, y realiza la acción requerida según la información enviada y recibida del servidor. El componente Servidor guarda una copia de los puntos de interés y de las actividades registradas, además es el encargado de procesar la información para determinar el nivel de riesgo, por último, aplica una serie de políticas no intrusivas para determinar la acción a realizar por la plataforma.

El componente Cliente, un dispositivo móvil con sistema operativo Android 4 o mayor, sensor GPS, conexión a internet wifi y 3G o mayor, cuenta con 4 subcomponentes: GPS, Registro, Actividad, y Alerta.

El componente GPS obtiene la información satelital. Estos datos son la latitud y longitud de la ubicación actual, necesarias para conocer la ubicación actual del adulto mayor;

la hora y la fecha actual, usados para conocer el momento exacto en el que se obtuvo la información.

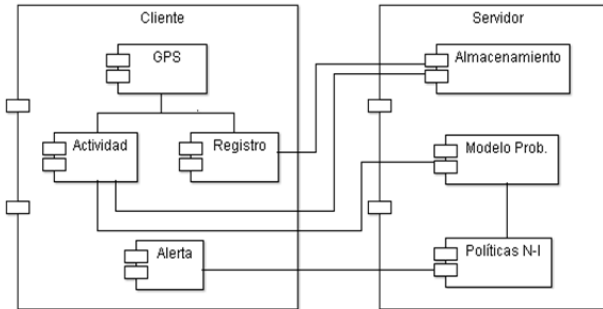


Figura 1. Arquitectura cliente-servidor de PIANI.

La función del componente Actividad es asignar valores a los atributos que caracterizan una actividad, para PIANI, definimos una actividad como la acción que realiza una persona en un punto de interés dado por su ubicación geográfica  $U$ , en una fecha (día de la semana)  $F$ , a una hora (de inicio)  $H$ , y con una duración  $D$ . A su vez, este componente determina si se está iniciando una actividad, se está finalizando, o si la actividad continúa en progreso.

La información que requiere la plataforma es almacenada localmente mediante el componente Registro. Esta información es el número telefónico del contacto a llamar en caso de emergencia y los puntos de interés que el usuario dé de alta. Estos puntos de interés son los lugares en donde el adulto mayor realiza sus actividades, por tanto, se requiere un nombre, un radio elegible entre chico, mediano y grande (7, 20 y 50mts, respectivamente) lo cual permite definir un punto de interés como un área y no como un coordenada  $(x,y)$  y la posición geográfica (latitud y longitud) de la ubicación actual.

El componente Alerta es quien realiza las acciones pertinentes según el nivel de riesgo y las políticas no intrusivas, entre las que están: no hacer nada, si la actividad tiene riesgo bajo; alertar al usuario, si la actividad tiene riesgo medio; alertar al usuario y al contacto de emergencia, si la actividad es altamente riesgosa.

El componente Servidor, servicios web REST desarrollados con PHP 5.6.3 y desplegados en Apache, cuenta con 3 subcomponentes: Almacenamiento, Modelo Probabilístico y Políticas No Intrusivas.

El componente Almacenamiento guarda en la base de datos del servidor el histórico de las actividades realizadas por el adulto mayor, y la información de los puntos de interés proporcionados por el componente Registro.

La probabilidad de que la actividad actual sea llevada a cabo es calculado por el componente Modelo Probabilístico, como se explica en la sección III.

Teniendo como base la probabilidad de realizar la actividad actual, el componente Políticas No Intrusivas determinará el nivel de riesgo.

## VI. FLUJO GENERAL DE LA PLATAFORMA

El proceso que realiza PIANI se muestra en la Fig. 2 y se explica en esta sección.

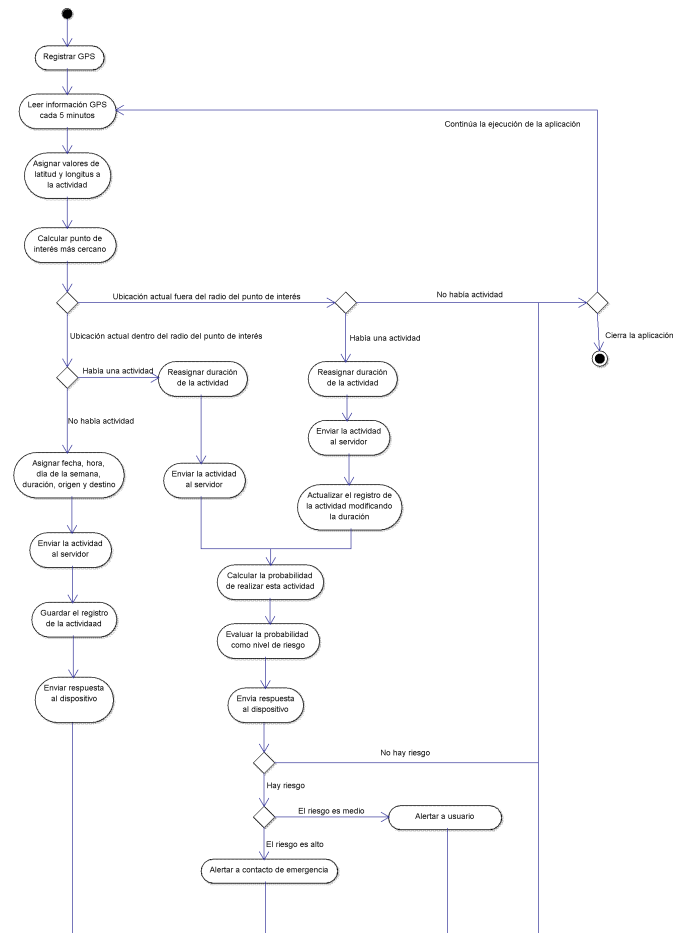


Figura 2. Diagrama del flujo general de PIANI.

El componente GPS se inicializa al ejecutar la aplicación móvil en el teléfono inteligente del adulto mayor. Su ejecución se realiza en segundo plano y obtiene información satelital cada 5 minutos. Estas lecturas GPS son enviadas al componente Actividad el cual recupera, por el momento, sólo la latitud y la longitud.

Teniendo estos dos datos, el componente Actividad solicita al componente Registro los puntos de interés que el usuario haya guardado previamente y determina cuál de esos sitios es el más cercano a la ubicación actual. Utiliza la información del punto de interés más cercano, específicamente su radio, para determinar si la localización actual del adulto mayor se encuentra dentro del punto de interés. Por un lado, si se encuentra dentro del radio, el componente Actividad tiene que diferenciar dos opciones: si no había una actividad previa significa que está iniciando una actividad y este componente asigna la fecha, hora, día, duración, punto de origen y punto de destino; en cambio, si ya se estaba realizando una actividad y el usuario permanece dentro del radio del punto de interés, significa que la actividad continúa en proceso, por lo que este componente únicamente actualizará la variable duración de los parámetros de la actividad. Para ambos casos la información es enviada al componente Servidor. Si la actividad inicia, la información es enviada únicamente al componente Almacenamiento, quien guardará los datos en la base de datos. Si la actividad está en proceso, la información es enviada al componente Almacenamiento para hacer la actualización de la

duración, así como al componente Modelo Probabilístico. De manera similar, si el adulto mayor se encuentra fuera del radio de un punto de interés el componente Actividad tendrá las mismas dos opciones, sin embargo, si la actividad ya existía significa que la actividad recién está finalizando y se envía la información a los componentes Almacenamiento y Modelo Probabilístico como en el caso anterior; por otro lado, si la actividad no existía se interpreta como que el adulto mayor aún no ha iniciado ninguna actividad, por lo que el sistema queda en espera a una nueva lectura del componente GPS.

Cuando el componente Modelo Probabilístico reciba la información del componente Actividad en cualquiera de los dos casos (cuando una actividad continúa o recién finaliza) calculará la probabilidad de realizar la actividad. Esta probabilidad se obtiene considerando como eventos no independientes el llegar a un punto de interés  $U$ , el llegar a  $U$  a la hora  $H$ , y el de permanecer  $m$  minutos en el punto  $U$ , el día de la semana, sin embargo, es la restricción de realizar la actividad el día de la semana  $F$ , por lo que no se considera como evento, esto debido a las diferencias en las rutinas que los adultos mayores realizan según el día de la semana. Así pues, la probabilidad de realizar la actividad se calcula como la triple intersección de los eventos bajo la restricción del día de la semana, es decir, se quiere saber ¿cuál es la probabilidad de que el adulto mayor llegue al punto de interés  $U$  a las  $H$  horas y que permanezca ahí  $m$  minutos en el día de la semana  $F$ ?, ver sección III. De esta manera, cuando el usuario realiza la actividad  $A$  cuyos parámetros de lugar, hora y duración son los habituales para ese día de la semana, entonces la probabilidad de la actividad  $A$  será mayor que la probabilidad de la actividad  $A$  con parámetros de hora y duración diferentes a los habituales.

Calculada la probabilidad, ésta es enviada al componente Políticas No Intrusivas quien la evaluará para obtener el nivel de riesgo de la actividad, el cual es inversamente proporcional a la probabilidad de realización de la actividad, ver sección IV, es decir, mientras más probable sea realizar una actividad, menor es el riesgo de esta; y mientras menos probable sea llevar a cabo la actividad, el riesgo para el adulto mayor se incrementa. Obtenido el nivel de riesgo, se emplean las políticas no intrusivas para determinar cuál es la acción a seguir: ninguna, alertar únicamente al propio usuario, o alertar al usuario y al contacto de emergencia.

La decisión del componente Políticas No Intrusivas es enviada al componente Alerta quién realizará la acción indicada. En cualquier caso, el componente GPS continúa con las lecturas satelitales.

## VII. ESCENARIOS DE PRUEBA

En esta sección se muestra un caso de estudio, donde se utiliza PIANI para calcular las probabilidades de realizar ciertas actividades de un adulto mayor.

Se instaló al usuario participante la aplicación móvil en su teléfono inteligente HTC One X con Android 4.0.4 y se le activó la conexión wifi, conexión de datos móviles, y el GPS.

El usuario proporcionó a la plataforma los diferentes puntos de interés que iba frecuentando durante la semana, ver

Fig 3. Posteriormente el sistema continuó en ejecución y recopilando datos a lo largo de un mes mientras el usuario realizaba sus quehaceres diarios, esto con el objetivo de obtener una base de conocimientos que el modelo probabilístico pueda usar.

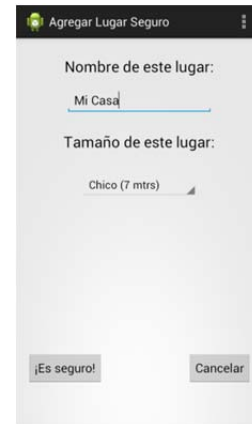


Figura 3. Interfaz de la aplicación móvil de PIANI, en esta interfaz el adulto mayor da de alta un lugar seguro.

Los escenarios de pruebas son clasificados de dos formas: Actividades dentro de la norma, aquellas actividades cuyos valores que poseen los parámetros lugar, hora y duración son comunes para ese día de la semana, es decir, aquella actividad rutinaria. Actividades fuera de la norma, aquellas en donde el lugar y/o la hora y/o la duración son anormales para ese día de la semana, es decir, aquellas actividades desconocidas o que el usuario no suele realizar.

La experimentación se centró en los días jueves, donde el usuario realiza las actividades: “Estar en casa” de 7:00 hrs a 09:30 hrs, “Ir al centro” de 10:00 hrs a 13:00 hrs, “Ir a la tienda” de 13:20 hrs a 13:45 hrs, “Estar en casa” de 14:00 hrs a 20:00 hrs. Nótese que, si bien la primera y la cuarta actividad coinciden en nombre (“Estar en casa”), en fecha (jueves) y en ubicación geográfica (la casa del usuario), tienen diferentes los valores para sus atributos hora y duración, por lo que PIANI las considera actividades diferentes.

Con la información anterior se le pidió al usuario que, los próximos jueves, realizara una serie de actividades controladas que estuvieran dentro y fuera de la norma.

## VIII. RESULTADOS

Teniendo los datos obtenidos previamente, se realizaron las actividades dentro de la norma: “Estar en casa” de 7:06 hrs a 9:30 hrs, y “Estar en casa” de 14:00 hrs a 20:00 hrs. Además, se consideran esas mismas actividades fuera de la norma con una duración de 600 minutos, es decir, “Estar en casa” de 7:06 hrs a 17:06 y de 14:00 a 00:00 hrs.

Como se observa en la Fig. 3, la actividad “Estar en casa” llegando a las 7:06 y permanecer ahí de 5 a 150 minutos tiene una probabilidad de 25%, la actividad donde permanece 155 minutos tiene probabilidad de 12.5%, con duración de 160 minutos tiene probabilidad de 6.25 y con duración de 165 minutos en adelante, la probabilidad es de 0%. Por otro lado, la actividad “Estar en casa” llegando a las 14:00 hrs y permanecer ahí los primeros 465 minutos tiene una probabilidad de 25%, durando 470 minutos la probabilidad es de 18.75%, durando entre 475 y 485 minutos la probabilidad

es 12.5%, durando entre 490 y 495 minutos la probabilidad es 6.25%, y durando más de 500 minutos la probabilidad es 0%.

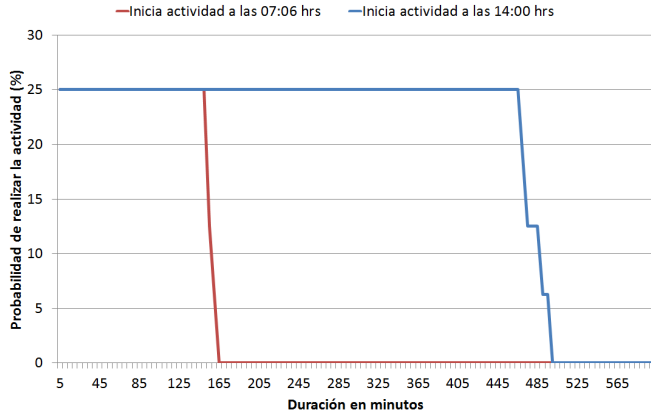


Figura 3. Resultados de las actividades “Estar en casa” con hora de inicio a las 07h06, a las 14h00, y con diferentes duraciones.

Estos resultados concuerdan con las actividades almacenadas en los registros. Se aprecia que, conforme la duración real excede la duración esperada de la actividad, las probabilidades van descendiendo hasta llegar al punto en que la probabilidad es 0.

En la Fig. 4 se observan los resultados de la actividad dentro de la norma “Ir al centro” de 10:01 hrs a 13:55 hrs y la actividad fuera de la norma “Ir al centro” de 14:55 hrs a 19:05 hrs. Para la actividad en norma los resultados son similares a los experimentos anteriores. Se observa que, conforme la duración se excede de la duración esperada la probabilidad desciende. Se tiene que con una duración entre 5 y 170 minutos la probabilidad es de 17.64%, con una duración de 175 la probabilidad es de 11.76%, con una duración de 180 a 200 minutos la probabilidad es de 5.88%, y con duraciones mayores la probabilidad es 0%.

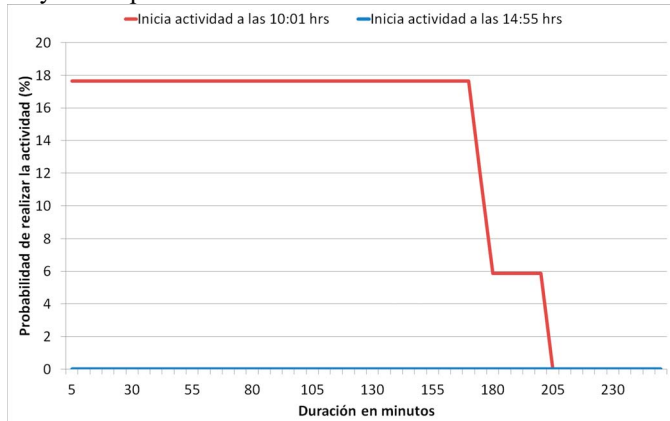


Figura 4. Resultados de las actividades “Ir al centro” con hora de inicio a las 10h01, a las 14h55, y con diferentes duraciones.

Por último, se tiene la actividad fuera de la norma que no cumple con la ubicación, la hora ni la duración. Para esta actividad, se observa que la probabilidad es 0% en todo momento. Este resultado es congruente debido a que no había registros previos de realizar esa actividad.

Una vez que el servidor obtuvo la probabilidad de cada una de las actividades, envió al dispositivo móvil del adulto mayor la acción más pertinente a realizar según la política establecida. Para este trabajo, las políticas se establecieron de la siguiente manera: las actividades con probabilidad mayor o igual al 10% tienen riesgo bajo, con probabilidad menor que

10% y mayor o igual al 5% tienen riesgo medio y con probabilidad menor al 5% el riesgo es alto.

Para estas pruebas, se obtuvieron 6 casos en donde el riesgo fue bajo: dos escenarios obtuvieron 25% de probabilidad, uno de 18.75%, uno de 12.5%, uno de 17.64% y uno de 11.76%. En todos estos casos la aplicación no realizó ninguna acción, ver Fig. 5.



Figura 5. Interfaz de la aplicación móvil de PIANI cuando el riesgo de la actividad es bajo. El riesgo bajo se representa con fondo verde y el texto “Sin riesgo”.

Se obtuvieron 3 casos con riesgo medio: dos escenarios con 6.25% y uno más con el 5.88%. Para estos casos la aplicación móvil le cuestionaba al usuario si requería ayuda, ver Fig. 6.

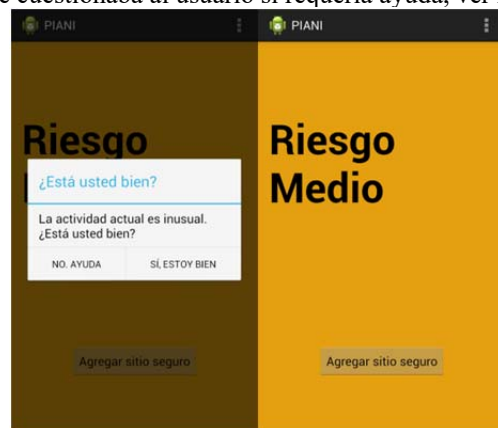


Figura 6. Interfaz de la aplicación móvil de PIANI cuando el riesgo de la actividad es medio. El riesgo medio se representa con fondo naranja y el texto “Riesgo Medio”, además, se le muestra al adulto mayor un mensaje preguntándole si se encuentra bien o si requiere ayuda.

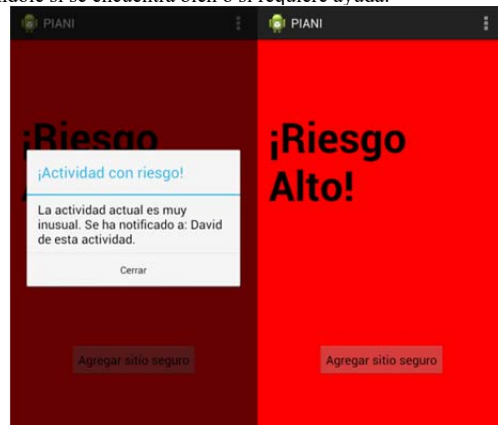


Figura 7. Interfaz de la aplicación móvil de PIANI cuando el riesgo de la actividad es alto. El riesgo alto se representa con fondo rojo y el texto “¡Riesgo Alto!”, además, se le muestra al adulto mayor un mensaje notificándole que su cuidador ha sido alertado.

Por último, fueron 4 los casos en donde la probabilidad de realizar la actividad era 0% y, por tanto, el riesgo era alto. En estos casos se alertó al cuidador que había sido designado por el adulto mayor y se le alertó, al adulto mayor, del riesgo detectado, Fig. 7.

## VI. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos presentado a PIANI, una Plataforma Inteligente para la Asistencia No Intrusiva de personas de la tercera edad que realizan actividades en ambientes externos a su hogar.

Esta plataforma permite inferir el nivel de riesgo de las actividades que realiza un usuario dada su ubicación geográfica, la hora del día, la duración que toma y el día de la semana en que se lleva a cabo. Los resultados de los experimentos realizados a PIANI son congruentes con los hechos reales dado que las probabilidades se incrementaban cuando los valores que caracterizan la actividad se acercaban a los valores registrados en la rutina del usuario; mientras que esta probabilidad descendía cuando los valores de la actividad diferían de los valores rutinarios.

Como trabajo futuro se propone el uso de una red bayesiana para mejorar la inferencia que la plataforma realiza en el cálculo de probabilidades y, además, se usarán ontologías para generar información semántica de las actividades, usuarios, cuidadores, lugares, etc.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado gracias al apoyo recibido por la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán y por el CONACYT.

## REFERENCIAS

- [1] Perfil sociodemográfico de adultos mayores. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2014.
- [2] Estimaciones y proyecciones del Consejo Nacional de Población, diciembre de 2002. Accessed: 2015-01-21.
- [3] J Maeso Garcia, F Jorge Hernandez, Garcia-Zapirain Soto, A Mendez Zorrilla, Alday Jurado, and J X Llano Hernaiz. Teleassistance outdoor system for the elderly based on Android devices. In 13th IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT), pages 9-14, Athens, 2013. IEEE.
- [4] Proyecto de declaración de los derechos del adulto mayor, 2002. Accessed: 2015-01-21.
- [5] Derechos de los Adultos Mayores. Comisión Nacional de los Derechos Humanos, 2012.
- [6] Hong Sun, Vincenzo De Florio, Ning Gui, and Chris Blondia. Promises and Challenges of Ambient Assisted Living Systems. In Sixth International Conference on Information Technology: New Generations, pages 1201-1207, Las Vegas, NV, 2009. Ieee.
- [7] Family Safety Production. Seguimiento GPS. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fsp.android.c>. Accessed 2016-15-01.
- [8] Motorola Mobility. Alerta Motorola, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.motorola.bodyguard&hl=es>. Accessed 2015-05-04.
- [9] Xiao, B., Zeeshan, M., Jamsa, T., Pulli, P. Canderoid: A mobile system to remotely monitor travelling status of the elderly with dementia. In International Joint Conference on Awareness Science and Technology and Ubi-Media Computing, pp. 648-654, Aizuwakamatsu, 2013.
- [10] Sposaro, F., Danielson, J., Tyson, G. iWander: An Android application for dementia patients. In Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, vol. 2010, pp. 3875-3978, Buenos Aires, 2010.
- [11] Maeso, J., Jorge, F., Soto, G., Mendez, A., Jurado, A., Llano, J. Teleassistance outdoor system for the elderly based on Android devices.

In 13th IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology, pp. 9-14, Athens, 2013.

- [12] Faria, S., Fernandes, T., Perdigoto, F. Mobile web server for elderly people monitoring. In IEEE International Symposium on Consumer Electronics, No. 2, pp. 1-4, Vilamoura, 2008.
- [13] Sheldon Ross. A First course in probability. Pearson Prentice Hall, eighth edition, 2009.



**Melchor López Mejía** obtuvo en el 2012 el grado de ingeniero en sistemas computacionales por parte de la Universidad Autónoma de Campeche, México. Actualmente, el I. S. C. López Mejía realiza sus estudios para obtener el grado de maestro en ciencias de la computación en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán. Sus áreas de interés incluyen sistemas distribuidos, sistemas inteligentes y vida asistida por el entorno.



**Jorge Gómez Montalvo** obtuvo en el 2012 el grado de doctor por parte del Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Toulouse Francia. Actualmente, el Dr. Gómez-Montalvo trabaja en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán. Sus áreas de interés incluyen sistemas distribuidos autónomos, representación del conocimiento, vida asistida por el entorno y gerontecnología.



**Francisco Moo Mena** es Profesor Titular de ciencias computacionales en la Universidad Autónoma de Yucatán, en Mérida, México. Obtuvo el grado de Doctor en ciencias computacionales, y un Master en ciencias computacionales del Institute National Polytechnique de Toulouse, Francia, en 2007 y en 2003 respectivamente. También obtuvo el grado de Maestro en ciencias computacionales, con especialidad en sistemas distribuidos del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, en 1997. En 1995 se graduó como Ingeniero en sistemas computacionales por el Instituto Tecnológico de Mérida, México. Sus áreas de interés en investigación incluyen sistemas distribuidos, sistemas auto-recuperables, arquitecturas de servicios Web, servicios Web semánticos, vida asistida por el entorno.



**Francisco Madera Ramírez** recibió el grado de doctor en computación en la Universidad de East Anglia, Inglaterra en 2008. Sus áreas de interés son la Gráficas por Computadora, Geometría Computacional y la vida asistida por el entorno.