

UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Sistema inteligente para la monitorización y seguimiento de la diabetes basado en un modelo de reglas

D. José Jacinto Medina Moreira
2020



UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

TESIS DOCTORAL

**Sistema inteligente para la monitorización y
seguimiento de la diabetes basado en un
modelo de reglas**

José Jacinto Medina Moreira

Director

Dr. Rafael Valencia García

2020

Agradecimientos

Agradezco a Dios por haberme dado otra oportunidad de vida, a mi familia por motivarme cada día a ser mejor persona, a mi esposa por su apoyo incondicional, a mi madre por sus constantes oraciones, a mi padre que antes de partir tuvo la visión que no entendí hasta ahora, a mi tutor por su valiosa guía y a la Universidad de Murcia por brindarme la oportunidad de poder continuar con mi formación académica.

Contenido

Capítulo 1 Introducción	13
Capítulo 2 Estado del arte	19
2.1. Las TIC en la Salud	19
2.2. Global Health Informatic	23
2.2.1. e-health	24
2.2.2. m-health	27
2.2.3. e-patient	28
2.3. Sistemas inteligentes de autogestión de la salud	29
2.3.1. PEPPER: Empoderamiento del paciente a través del soporte predictivo personalizado de decisiones.....	30
2.3.1.1. Razonamiento basado en casos para dosis de insulina.....	33
2.3.1.2. Razonamiento basado en reglas para dosis de insulina.....	33
2.3.2. DIABSOFT: Sistema de soporte de decisiones médicas que previene, monitorea y trata diabetes.....	34
2.3.3. DIALBETICS: Un novedoso sistema de apoyo de autogestión basado en teléfonos inteligentes para pacientes con diabetes tipo 2.	36
2.3.4. LDA-ANFIS: Sistema inteligente para el diagnóstico de diabetes.....	37
2.3.5. T-IDDM: Un soporte de telemedicina para el manejo de la diabetes	39
2.3.6. Sistema Inteligente móvil para el cuidado de la diabetes con mecanismos de alertas 41	
2.3.7. DID: Diario Interactivo para la Diabetes: Sistema de telemedicina útil y fácil de usar para apoyar el proceso de toma de decisiones en la diabetes tipo 1	43
2.3.8. Sistema de apoyo a la decisión clínica para la diabetes basado en el razonamiento ontológico y el análisis TOPSIS.....	46
2.3.9. CBIHCS: Sistema inteligente basado en la nube para brindar atención médica como servicio.....	47
2.3.10. Sistema móvil de atención médica personal para pacientes con diabetes.....	50
2.4. Aplicaciones móviles para la gestión de la diabetes	56
2.4.1. Clasificación de las aplicaciones móviles para la diabetes	58
2.4.1.1. Tratamiento médico para la diabetes	58
2.4.1.2. Aplicaciones de seguimiento que muestran información sobre la salud.....	58
2.4.1.3. Aplicaciones para la enseñanza y / o la formación	58
2.4.1.4. Bases de datos referencia alimentaria	59
2.4.1.5. Redes Sociales /Foros / blogs	59

2.4.1.6.	Aplicaciones para los médicos.....	59
2.4.2.	Comparativo de aplicaciones.....	60
2.5.	Objetivos de la tesis doctoral	66
2.5.1.	Motivación.....	66
2.5.2.	Objetivos.....	67
2.5.3.	Metodología	68
Capítulo 3	MediControl: Sistema para autogestión de la salud para la diabetes	69
3.1.	Arquitectura del sistema	69
3.1.1.	Servicios inteligentes para la autogestión de la salud.....	71
3.1.1.1.	Monitoreo de parámetros.....	71
3.1.1.2.	Administrador de alertas.....	86
3.1.1.3.	Módulo de Recomendaciones de Salud	94
3.1.2.	Aplicación Móvil	109
3.1.2.1.	Validación de autogestor de salud	110
3.1.2.2.	Monitoreo del paciente.....	111
Capítulo 4	Validación.....	123
4.1.	Descripción del proceso de validación	123
4.1.1.	Evolución del IMC en paciente	127
4.1.2.	Evolución de la glucosa en paciente.....	127
4.1.3.	Evolución de la presión arterial en paciente	129
4.2.	Resultados del proceso de validación	132
4.2.1.	Resultados de las pruebas de campo	132
4.2.2.	Resultados de la encuesta	135
Capítulo 5	Conclusiones y líneas futuras.....	151
5.1.	Conclusiones.....	151
5.2.	Líneas futuras	154
Capítulo 6	Contribuciones científicas derivadas de la tesis doctoral	157
6.1.	Publicaciones en Revistas.....	157
6.2.	Capítulos de libro.....	157
6.3.	Publicaciones en Congresos	157
Referencias	159

INDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Arquitectura PEPPER	32
Figura 2-2 Arquitectura Diabsoft	35
Figura 2-3 Arquitectura DialBetics	36
Figura 2-4 Bloque de diagrama de LDA-ANFIS	38
Figura 2-5 Arquitectura T-IDDM	40
Figura 2-6 Arquitectura del Sistema inteligente móvil	42
Figura 2-7 Seguimiento de actividades del DID	45
Figura 2-8 Arquitectura del CDSS	47
Figura 2-9 Arquitectura CBIHCS	49
Figura 2-10 Arquitectura Sistema Móvil	51
Figura 2-11 Análisis y selección de aplicaciones móviles	57
Figura 3-1 Arquitectura de Sistema propuesto	70
Figura 3-2 Registro de glucosa	72
Figura 3-3 Bitácora de glucosa	72
Figura 3-4 Registro de presión arterial	74
Figura 3-5 Bitácora de presión arterial	74
Figura 3-6 Registro Peso	75
Figura 3-7 Bitácora de peso	75
Figura 3-8 Toma de pulso	77
Figura 3-9 Registro de pulso	77
Figura 3-10 Registro de insulina	78
Figura 3-11 Bitácora dosis de insulina	78
Figura 3-12 Registro de estado de ánimo	79
Figura 3-13 Bitácora estado de ánimo	79
Figura 3-14 Registro de medicamento	80
Figura 3-15 Bitácora de medicamento	80
Figura 3-16 Enfermedades preexistentes	81
Figura 3-17 Selección de médico	82
Figura 3-18 Registro médico	82
Figura 3-19 Registro colesterol	83
Figura 3-20 Menú dietas	84
Figura 3-21 Registro dieta	84

Figura 3-22 Tipo de rutina de ejercicios	85
Figura 3-23 Rutinas realizadas	85
Figura 3-24 Esquema de alerta	86
Figura 3-25 Alertas médicas	87
Figura 3-26 Árbol de reglas glucosa	95
Figura 3-27 Árbol de reglas Peso e IMC	98
Figura 3-28 Árbol de reglas perfil lípido	105
Figura 3-29 Árbol de reglas para recomendaciones de presión arterial y ritmo cardiaco	107
Figura 3-30 Perfil de usuario	110
Figura 3-31 Parámetros iniciales	111
Figura 3-32 Menú de consulta de indicadores	112
Figura 3-33 Consulta general de pacientes asignados	113
Figura 3-34 Informe General de IMC	113
Figura 3-35 Informe General de la Presión Arterial	114
Figura 3-36 Consulta específica de IMC por rango de fechas	115
Figura 3-37 Gráfica de variación de IMC de un paciente	116
Figura 3-38 Consulta específica de la presión arterial por rango de fechas	117
Figura 3-39 Gráfica de variación de la presión arterial de un paciente	118
Figura 3-40 Gráfico agrupado de la variación presión arterial de un paciente	118
Figura 3-41 Consulta específica de la glucosa por rangos de fecha	119
Figura 3-42 Gráfica de variación de la glucosa en paciente	120
Figura 3-43 Consulta específica de Colesterol y Triglicéridos por rangos de fechas	121
Figura 3-44 Gráfica de variación de Colesterol y Triglicéridos de un paciente	121
Figura 4-1 Evolución de IMC de paciente	127
Figura 4-2 Evolución de la glucosa en paciente	128
Figura 4-3 Comparativo entre paciente regular e irregular en el uso de la plataforma de autogestión	128
Figura 4-4 Evolución de la presión arterial en paciente	129
Figura 4-5 Resultados de la pregunta 1	136
Figura 4-6 Resultados de la pregunta 2	136
Figura 4-7 Resultados de la pregunta 3	137
Figura 4-8 Resultados de la pregunta 4	138
Figura 4-9 Resultados de la pregunta 5	138

Figura 4-10 Resultados de la pregunta 6	139
Figura 4-11 Resultados de la pregunta 7	140
Figura 4-12 Resultados de la pregunta 8	140
Figura 4-13 Resultados de la pregunta 9	141
Figura 4-14 Resultados de la pregunta 10	142
Figura 4-15 Resultados de la pregunta 11	142
Figura 4-16 Resultado de la pregunta 12	143
Figura 4-17 Resultados de la pregunta 13	144
Figura 4-18 Resultados de la pregunta 14	145
Figura 4-19 Resultados de la pregunta 15	146
Figura 4-20 Resultados de la pregunta 16	147
Figura 4-21 Resultado de la pregunta 17	148
Figura 4-22 Resultado de la pregunta 18	148
Figura 4-23 Resultado de la pregunta 19	149
Figura 4-24 Resultado de la pregunta 20	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Análisis comparativo de los DSS orientados a la Diabetes	52
Tabla 2-2 Aplicaciones móviles para Android	60
Tabla 2-3 Aplicaciones móviles para IOS	61
Tabla 2-4 Funciones analizadas en las aplicaciones móviles.....	62
Tabla 2-5 Análisis de las funcionalidades en aplicaciones Android seleccionadas	64
Tabla 2-6 Análisis de las funcionalidades en aplicaciones IOS seleccionadas	65
Tabla 3-1 Reglas para alertas de niveles de IMC.....	89
Tabla 3-2 Reglas para alertas de los niveles de glucosa.....	90
Tabla 3-3 Reglas para alertas de los niveles de colesterol.....	91
Tabla 3-4 Reglas para alertas de los niveles de presión arterial	93
Tabla 3-5 Reglas para recomendaciones glucosa	96
Tabla 3-6 Descripción de las recomendaciones glucosa	96
Tabla 3-7 Reglas para recomendaciones de Peso.....	99
Tabla 3-8 Descripción para recomendaciones para peso e IMC.....	100
Tabla 3-9 Reglas de recomendaciones para colesterol y triglicéridos	105
Tabla 3-10 Descripción recomendaciones para perfil lípido	106
Tabla 3-11 Reglas de recomendaciones presión arterial y pulso.....	107
Tabla 3-12 Descripción de las recomendaciones para presión arterial y ritmo cardiaco	108
Tabla 4-1 Distribución de los pacientes.....	125
Tabla 4-2 Promedio de indicadores de salud glucosa, presión arterial y obesidad	125
Tabla 4-3 Promedio presión arterial grupo de pacientes con preexistencia de hipertensión	125
Tabla 4-4 Promedio IMC grupo de pacientes con preexistencia de obesidad	126
Tabla 4-5 Cantidad de mediciones y frecuencia por indicador de salud	126
Tabla 4-6 Cantidad de alertas generadas.....	126
Tabla 4-7 Promedio de indicadores de salud posterior a periodo de evaluación.....	130
Tabla 4-8 Promedio de la presión arterial posterior al periodo de valuación en pacientes con preexistencia.....	130
Tabla 4-9 Promedio del IMC posterior al periodo de evaluación en pacientes con preexistencia.....	130
Tabla 4-10 Cuestionario desarrollado para pruebas de campo.....	133

LISTA DE ACRÓNIMOS

AACE	Asociación Americana de Endocrinólogos Clínicos
ACE	Colegio Americano de Endocrinología
CBR	Enfoque basado en casos
CDSS	Sistemas de apoyo a la decisión clínica
CV	Coefficiente de variación
DID	Diario Interactivo para la Diabetes
DSME	Educación para el autocontrol de la diabetes
FBG	Glucosa en sangre en ayunas
GUI	Interfaz gráfica de usuario
IMC	Índice de Masa Corporal
MBR	Enfoque basado en reglas
MCG	Monitor continuo de glucosa
MID	Múltiples Inyecciones Diarias
OMS	Organización Mundial de la Salud
PHR	Registros de salud personales
PPG	Glucosa posprandial
RDF	Resource Description Framework
RDF	Resource Description Framework
T-IDDM	Telemática de diabetes mellitus insulino dependiente
TOPSIS	Técnica de orden de preferencia por similitud con la solución ideal
UM	Unidad médica
UP	Unidad de Paciente

RESUMEN

La diabetes está catalogada como una enfermedad crónica de larga duración y generalmente de evolución lenta. Este tipo de enfermedad es permanente y si no es tratada adecuadamente puede generar algún tipo de discapacidad temporal o permanente y en casos extremos consecuencias fatales. Esta enfermedad crónica requiere un entrenamiento especial del paciente para la rehabilitación, así como un largo período de supervisión, observación y atención por parte de los médicos generales y otros profesionales de la salud, tarea que representa una gran inversión que puede resultar insostenible para las organizaciones de atención médica, especialmente cuando el número de pacientes aumenta día a día. Es necesario promover un estilo de vida saludable entre los pacientes para mejorar su calidad de vida y reducir la inversión necesaria para tratar a estos pacientes. Estudios y publicaciones de organismos internacionales de salud como la OMS advierten que este tipo de enfermedades crónicas va en aumento causando padecimientos graves como insuficiencia renal, ceguera, accidentes cerebrovasculares, infarto de miocardio, pie diabético entre los trastornos más graves. Es por esto que la adopción de la tecnología puede ser considerada como un gran aliado en el seguimiento y control de las enfermedades crónicas por sus características de ubicuidad, accesibilidad y fácil uso, motivando la participación de los pacientes y mejorando la comunicación con el especialista de la salud. Los sistemas para la toma de decisiones clínicas también conocidos como CDSS, han evolucionado significativamente dado el potencial de los nuevos recursos tecnológicos, estos sistemas asociados con la base de conocimiento de los expertos humanos se han transformado en una poderosa herramienta para la toma de decisiones. En general, varias revisiones han evidenciado un impacto positivo del uso e implementación de los CDSS, y la mejorada facilidad de uso, así como su diseño, continuarán aumentando sus beneficios para la calidad, la seguridad y el costo de la atención médica.

En los últimos años, mHealth se ha incrementado constantemente como una subdivisión de eHealth. Las aplicaciones móviles para la atención de la salud tienen el potencial de orientarse a poblaciones heterogéneas, pero con la capacidad de abordar también requerimientos específicos y complementar tecnologías de atención de salud altamente desarrolladas. El mercado está creciendo aceleradamente, generando innumerables oportunidades para el desarrollo de nuevas tecnologías móviles.

Actualmente hay muchas opciones para la recolección de datos electrónicos móviles que lo hacen práctico y asequible. Antes de implementar un sistema de recolección de datos electrónicos móviles, hay algunos puntos clave a tener en cuenta como son: el costo, la selección de hardware, la preparación de los formularios y la motivación.

El objetivo principal de este trabajo es presentar una plataforma para el autocontrol de enfermedades crónicas, más específicamente para la diabetes mellitus pero que también puede ayudar a la hipertensión y obesidad dado que son enfermedades que tienen algún tipo de relación.

Esta plataforma de tecnología definida como MediControl permite a los pacientes controlar aspectos como la actividad física, la dieta, la medicación y el estado de ánimo. Además, esta herramienta proporciona recomendaciones de salud basadas en los datos recopilados por el proceso de monitorización. Se evaluó la plataforma con respecto a la efectividad del módulo de recomendación de salud. En esta evaluación participaron pacientes reales con diabetes mellitus e hipertensión y profesionales de la salud.

Capítulo 1 Introducción

El objetivo de esta tesis doctoral es el desarrollo de un modelo de gestión aplicado en el dominio de la Salud que permita la autogestión en el tratamiento de la diabetes, para lo cual se ha diseñado un modelo que permita realizar inferencias en el tratamiento de esta enfermedad en aspectos relacionados a: síntomas, alimentación, actividad física, toma de medicamentos. Para conseguir este objetivo, se ha involucrado a las TIC como una herramienta de apoyo que permita el seguimiento y control de pacientes diabéticos, para mejorar su calidad de vida, y conseguir una mejor adherencia al tratamiento de su enfermedad, evitando consecuencias irreversibles en su salud.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) define la diabetes como una enfermedad crónica que ocurre cuando el páncreas no genera insulina suficiente o cuando el organismo no puede usar efectivamente la insulina que produce (Organization, 2016). La diabetes puede ser diagnosticada evaluando los niveles elevados de glucosa en la sangre. En este aspecto, los niveles elevados de glucosa en la sangre provocan daños en los tejidos del cuerpo, lo que origina complicaciones de salud de alto riesgo o incapacitantes.

De acuerdo al Informe mundial sobre diabetes (Organization, 2016) efectuado por la OMS en abril de 2016, el número de personas con diabetes fue alrededor de 422 millones en 2014. Además, la prevalencia global de diabetes entre adultos (mayores de 18 años) fue del 8,5% en 2014. Debe puntualizarse que el número de personas diabéticas ha aumentado más rápidamente en países de ingresos medios y bajos.

Las personas con este padecimiento crónico deben estar en contacto permanente con profesionales de la salud, sin embargo, es preciso que los pacientes tengan las facultades, predisposición y el apoyo para la autogestión de su condición (Salas-Zárte et al., 2017). En otras palabras, las personas con diabetes deben ser protagonistas activos en el tratamiento.

La diabetes tiene consecuencias no solo en los pacientes sino también en sus familias, el sistema de salud y la sociedad. Por lo tanto, la educación para el autocontrol de la diabetes (DSME) es un factor apremiante de atención para todas las personas con diabetes y es necesaria para mejorar la condición de salud de los pacientes (Funnell et al., 2011) DSME es el proceso de brindar a la persona con diabetes los conocimientos y habilidades requeridos para realizar la gestión de autocuidado, controlar las crisis y

realizar los cambios de estilo de vida necesarios para controlar con éxito esta enfermedad (Clement, 1995) . Los sistemas de recomendaciones son herramientas y técnicas de software que proporcionan sugerencias sobre los elementos que pueden ser utilizados por un usuario (Ricci, Rokach, & Shapira, 2011). Los sistemas de recomendaciones ofrecen información filtrada de muchos parámetros, es decir, esas recomendaciones están orientadas a proporcionar información de interés para los usuarios. Los sistemas de recomendaciones se han aplicado exitosamente en diversos contextos, como programación de películas (Colombo-Mendoza, Valencia-García, Rodríguez-González, Alor-Hernández, & Samper-Zapater, 2015), viajeros y taxis libres (Yuan, Zheng, Zhang, & Xie, 2013) bibliotecas digitales (Tejeda-Lorente, Porcel, Peis, Sanz, & Herrera-Viedma, 2014) y servicios web (Z. Zheng, Ma, Lyu, & King, 2009) ,entre otros.

En esta tesis doctoral, presentamos una arquitectura para el autocontrol de la diabetes, para lo cual se ha desarrollado un sistema integrado que proporciona una aplicación web y móvil para monitorear diferentes temas relacionados con el control y el manejo de los niveles de glucosa en la sangre como: la dieta, la actividad física, el estado de ánimo, la medicación y el tratamiento. Además, esta aplicación tiene como objetivo mejorar la relación entre pacientes y profesionales de la salud, ya que los profesionales de la salud pueden obtener información en tiempo real sobre el estado de salud del paciente, así como una descripción detallada de los tratamientos de los pacientes. Además de las características mencionadas anteriormente, el sistema proporciona un conjunto de recomendaciones de salud basadas en reglas, para generar sus predicciones y recomendaciones.

La metodología utilizada en este trabajo se compone básicamente de 3 fases: la primera fase consta del estudio del estado del arte, la segunda fase comprende el diseño de la aplicación inteligente para el monitoreo y seguimiento de la diabetes basada en un modelo de reglas, y la tercera fase consiste en la validación de la propuesta.

- Estudio del estado del arte, se realiza un análisis de los conceptos y terminología de las tecnologías de la información en el ámbito de la salud. Aquí se efectúa un estudio de arquitecturas existentes de los sistemas inteligentes para la autogestión de la salud en el tratamiento de la diabetes. Adicionalmente se presenta un análisis de las principales aplicaciones móviles para la

autogestión de la salud, en la que se identifican las características principales de las aplicaciones móviles para la diabetes.

- Diseño de la aplicación inteligente para la monitorización y seguimiento de la diabetes basada en un modelo de reglas, para el efecto se diseñó, una aplicación web y móvil utilizando reglas de inferencia, basadas en el conocimiento y dominio de los expertos quienes, con sus experiencias y conocimientos, apoyaron a determinar las especificaciones, reglas y recomendaciones que engloba el tratamiento y control de la diabetes.
- Validación de la propuesta, con la intervención de pacientes y expertos en el dominio de la diabetes, se procedió a realizar pruebas constantes del sistema de autogestión, en función de los principales indicadores de salud tales como: niveles de glucosa, presión arterial, sobrepeso, entre otros, se pudo evaluar la evolución del paciente antes y después del uso de la aplicación de autogestión y finalmente se evaluó la adaptabilidad de pacientes y médicos en el uso de la herramienta.

La presente tesis doctoral ha cumplido con los objetivos expuestos inicialmente y los resultados obtenidos se muestran durante el desarrollo de los capítulos que están organizados de la siguiente forma:

En el Capítulo 1 se presenta una breve introducción del trabajo doctoral, un resumen de la problemática existente en el tratamiento y autocontrol de enfermedades crónicas como la diabetes., se enfoca en la autogestión utilizando tecnologías inteligentes para la salud, buscando también optimizar la comunicación entre médico y paciente.

En el Capítulo 2 se describe el estado del arte sobre la terminología y tecnologías de aplicaciones inteligentes web y móviles, para la autogestión de la diabetes, luego se realiza un profundo análisis de los sistemas inteligentes aplicados a la autogestión de la diabetes, estudiando la arquitectura utilizada, sus aplicaciones, los principales parámetros de entrada (nivel de glucosa, el peso, la presión arterial), el lenguaje en el que se desarrolló la plataforma, y el tipo de sistema de soporte para la toma de decisiones clínicas. En el siguiente apartado se realiza una búsqueda de las principales aplicaciones móviles para la autogestión de la diabetes, determinado las diferentes categorías de acuerdo a su funcionalidad y aplicación para finalmente realizar un comparativo de las herramientas que existen en Play Store y en App Store, para

recopilar las principales características requeridas para el monitoreo y seguimiento de la diabetes.

En el Capítulo 3. Se definió la arquitectura del sistema a desarrollar destacando los módulos que lo componen, en los servicios inteligentes para la autogestión de la salud, se determinaron los indicadores de salud médicos a monitorear tales como: nivel de glucosa, peso, medición de la presión arterial, entre otros, así también el seguimiento de las actividades que mejoren la condición del paciente para lo que se consideró la alimentación, y la realización de rutina de ejercicios. La administración de alertas permitió definir las principales alertas basadas en reglas evaluadas a través de condicionales entre los indicadores de salud revisados. En el módulo de recomendaciones se incluyó, el criterio de los médicos especialistas para definir reglas que recomienden al paciente tomar las medidas necesarias en cuanto al tratamiento de su enfermedad, estas reglas están asociadas también a consejos de salud en cuanto a buenos hábitos que orienten a disminuir los factores de riesgos relacionados a la diabetes. Finalmente, tenemos las aplicaciones para la autogestión y para el monitoreo del paciente la primera se basa en una plataforma móvil en la que se crea el usuario, se define su perfil e ingresan los datos iniciales del paciente, la segunda es una aplicación web que permite realizar estadísticas y graficas de comportamiento y variación de los indicadores de forma individualizada o por segmento de pacientes.

En el Capítulo 4. Tenemos la validación del sistema, para este propósito se ha dividido este proceso en dos partes: el primero que corresponde a la descripción del proceso de validación y el segundo son los resultados del proceso de validación. Para la descripción del proceso de validación, se determinó una muestra de pacientes con diabetes, a los que se evaluó en un periodo determinado de tiempo, se involucraron los principales indicadores de salud como son el índice de masa corporal, la glucosa y la presión arterial, para una mejor segmentación de la muestra se dividió el grupo por sexo masculino y femenino, se determinó la cantidad de registros por cada indicador y las alertas generadas por el sistema de recomendación. Para los resultados del proceso de validación se diseñó una encuesta que, incluye los aspectos más importantes a tomar en cuenta, en la realización de este trabajo, está encuesta se dividió en 5 secciones como son: la ubicuidad de la aplicación móvil, el contenido de la aplicación, la navegabilidad y diseño, la funcionalidad y pertinencia respecto a la autogestión de la salud, y la seguridad y disponibilidad. Finalmente se analizaron los resultados de cada

pregunta de la encuesta, utilizando también una representación gráfica para una mejor interpretación.

El Capítulo 5 Expone las conclusiones que fueron obtenidas a través de un análisis exhaustivo del estado del arte de los sistemas de recomendaciones existentes para el tratamiento de la diabetes, lo que justifico el desarrollo y la aplicación de una metodología a través de una arquitectura de TI que integró los módulos de servicios inteligentes y aplicación móvil, incorporando herramientas para el monitoreo de pacientes, autogestión de las enfermedades crónicas, administración de las alertas y recomendaciones de salud, y finalmente con los resultados conseguidos se pudo realizar la validación de los datos obtenidos los cuales a través de procedimientos utilizados en la investigación descriptiva, permitieron evidenciar los aportes de esta trabajo. Se analizaron los resultados conseguidos tales como la obtención de un modelo basado en reglas para la representación del conocimiento del dominio de la diabetes, la obtención de un sistema para la monitorización de los distintos parámetros vitales físicos y de salud, la obtención de un sistema para la recomendación basadas en la tecnología del conocimiento, la obtención de un sistema para el seguimiento tratamiento y recomendaciones de salud, y finalmente se consiguió una plataforma integral móvil para la prevención, monitorización, y tratamiento de enfermedades crónicas utilizando la autogestión de la salud.

Por último, se presentan las líneas futuras donde se exponen los trabajos de investigación adicionales que se podrán realizar en el ámbito de la utilización de tecnologías inteligentes para la autogestión de la salud, utilizando técnicas adicionales como el aprendizaje automático y la integración con nuevos dispositivos digitales para la obtención automática de los datos.

El Capítulo 6 evidencia las contribuciones científicas publicadas en congresos y revistas, así como la participación en congresos internacionales donde se abordaron temas relacionados a esta problemática tales como: El uso de aplicaciones móviles para la autogestión de la salud, sistemas de recomendaciones basados en filtrado colaborativo para la autogestión, Adquisición de conocimiento a través de ontologías de lenguaje de texto natural médico, entre otras.

Capítulo 2 Estado del arte

2.1. Las TIC en la Salud

En el siglo XIX los diagnósticos médicos eran de carácter intuitivo, el médico disponía de recursos limitados para poder dar un criterio aproximado respecto a una enfermedad, siendo muy común el uso natural de los sentidos (tacto, oído) , un caso real fue el de Jhon Snow en el año 1849 (Snow, 1855), quien pudo determinar el factor de contagio de una epidemia de cólera gracias a su capacidad de observación y razonamiento, contaba apenas con su estetoscopio y los registros manuales en su libro de notas, constituían su pequeña base de datos de información, luego con el desarrollo científico se crearon nuevos inventos que revolucionarían el mundo de la medicina muchos de ellos usados hasta el día de hoy, como son los rayos X, el ultrasonido, entre otros, ya con la aparición de las computadoras para el registro y procesamiento de información, se aceleraron los avances en la detección y diagnóstico de las enfermedades, actualmente el uso de las herramientas tecnológicas en los hospitales se constituyen como una política para la prevención , y tratamiento de enfermedades así como en la rehabilitación de pacientes (Organization, 2017), logros importantes se han alcanzado a través del uso de las tecnologías en la medicina al disponer de mejores herramientas e información que han permitido un mejor diagnóstico de las enfermedades. Se ha alcanzado el descubrimiento de nuevas afecciones como el Virus de Inmunodeficiencia Humana VIH en los años 80's(Alexander Hoerbst, Werner O. Hackl, Nicolette de Keizer, Hans-Ulrich Prokosch, Mira Hercigonja-Szekeres, 2016) , el estudio del genoma humano mediante una combinación de análisis computacional (Harrow et al., 2012), todo esto se pudo lograr gracias a avanzados experimentos en laboratorio y procesamiento de información. Sin embargo, todos estos avances pronto se vieron limitados por la falta de una metodología que pudiera permitir dar resultados homogéneos en diferentes entornos médicos, ya que era pertinente tratar de hablar un mismo lenguaje en lo que respecta a investigaciones médicas, para la década de los 60 un nuevo enfoque científico se utilizó para la toma de decisiones en diagnósticos médicos, esta técnica conocida como Registros Médicos Orientado a Problemas (POMR) por sus siglas en inglés fue desarrollada por el Dr. Lawrence Weed, el PORM constaba de una base de datos de información, una lista desglosada de los problemas, un plan de acción para cada problema y apuntes para el registro de seguimiento (Weed, 1968), esta metodología se extendió por todo el mundo y fue ampliamente utilizada en las siguientes décadas.

Por otro lado, el poder analizar grandes bases de datos de información médica ha permitido establecer patrones y tendencias de comportamiento de algunas enfermedades, esto apoyado por el aumento del procesamiento de información de los equipos informáticos, ha podido efectuar grandes avances en área de la Salud. Se podrá decir entonces que con el uso de las TIC el diagnóstico y tratamientos de las enfermedades se han transformado de un tipo predictivo a diagnósticos más precisos (Christensen, Grossman, & Hwang, 2009), todo esto conlleva a mejorar la calidad de vida de las personas de una determinada población, no obstante, se debe destacar la gran desigualdad entre el uso de las tics en países desarrollados que en países en vías de desarrollo donde los recursos de inversión, accesos a los servicios y formación de los individuos tienen una gran diferencia (Sanou, 2018). Así también, la formación en conocimientos de informática por parte de los especialistas de la salud prevé una gran demanda en los siguientes años, adquiriendo un carácter interdisciplinario entre las ciencias básicas de computación con dominios de aplicación médica, los nuevos programas de formación están preparando a los nuevos profesionales sanitarios, en un campo de la salud que continúa evolucionando. (Charles P. Friedman et al., 2004) . Nuevos modelos de atención aparecen en el camino tal es el caso del modelo de hogar basado en el paciente (PCMH) que busca mejorar la relación entre el paciente y el equipo de atención médica, este modelo se basa en varios principios ineludibles a la atención médica, algunos de ellos como: el seguimiento a largo plazo de atención del paciente, y la calidad y seguridad de la información médica, requieren de manera indispensable de sistemas que soporten toma de decisiones y permitan una comunicación eficaz con el paciente utilizando las TI (Bates & Bitton, 2010). Es por este motivo que organizaciones como: la Asociación Americana de Informática Médica, la Sociedad de Sistemas de Información y Gestión de Salud y la Asociación Americana de Gestión de Información de Salud están utilizando las tecnologías de información para transformar la atención médica en beneficio de los pacientes.

Pero el desarrollo de nuevas tecnologías para la salud no ha sido suficiente para frenar los padecimientos de enfermedades ya que en las últimas décadas y con el desarrollo de la industrialización, el procesamiento de alimentos y las nuevas formas de empleo que demandan menor esfuerzo físico y que han cambiado sustancialmente el estilo de vida de los individuos, ha generado la preocupación de los organismos de salud, por el aumento de las enfermedades no transmisibles que son afecciones de larga duración que involucran un deterioro progresivo de la salud. Entre las principales

enfermedades no transmisibles tenemos las enfermedades cardiovasculares, la diabetes, la obesidad, el cáncer de colón (I. M. Lee et al., 2012), de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud las enfermedades no transmisibles matan a 41 millones de personas cada año lo que equivale al 71% de personas que mueren en el mundo, las enfermedades cardiovasculares ocupan el primer lugar con 17,9 millones cada año seguidas del cáncer 9 millones, las enfermedades respiratorias 3,9 millones, y la diabetes 1,6 millones (Forouzanfar et al., 2016), pero estas cifras pueden disminuir si se atiende los factores de riesgos modificables, entre los que tenemos la actividad física y una ingesta sana de alimentos, por otro lado tenemos los factores de riesgos metabólicos, que aumentan el riesgo de las enfermedades no transmisibles: el aumento de la tensión arterial, el sobrepeso y la obesidad, la hiperglucemia (concentraciones elevadas de azúcar en la sangre) y la hiperlipidemia (concentraciones elevadas de la grasa en la sangre), (Forouzanfar et al., 2016), es prioritario invertir en una mejor gestión de las enfermedades no transmisibles, para una rápida detección, tratamiento, seguimiento y monitoreo de las mismas y lograr conseguir una detección y tratamiento temprano, ya que los cifras evidencian una disminución de los costos en el tratamiento de las enfermedades si es tratado oportunamente.

Dentro de las enfermedades no transmisibles de alto impacto como mencionamos previamente, tenemos la diabetes o hiperglucemia que de acuerdo a la Federación internacional de la diabetes (FDI) se estima que aproximadamente el 8,8% de los adultos de 20 a 79 años, poseen esta afección, es decir, un equivalente a 425 millones de personas en todo el mundo. Si se amplía el rango de edad de 18 a 99 años esta cifra alcanzaría los 451 millones. Si estas tendencias continúan, para el 2045, 693 millones de personas de 18 a 99 años, o 629 millones de personas de 20 a 79 años, tendrán diabetes (Karuranga, Fernandes, Huang, & Malanda, 2017), esta situación debe poner en alerta a los sistemas de salud en todo el mundo para evitar su expansión a través de la gestión de medidas preventivas y/o de control y seguimiento. Sin importar el tipo de diabetes que tenga una persona, es obligatorio tener una correcta gestión de la enfermedad. De hecho, los diabéticos deben seguir tres "líneas de acción " claras: 1) un plan nutricional, 2) un nuevo estilo de vida saludable, incluyendo la práctica de deportes, y 3) tomar la medicación adecuada, junto con el control médico frecuente (Goyal & Cafazzo, 2013) . Sin embargo, ¿cómo se podría promover un comportamiento correcto entre los pacientes que no parecen ser conscientes de su grave situación? Esto

se ha convertido en un problema para los especialistas médicos que han estado buscando apoyo externo en el auto- manejo de esta enfermedad crónica.

En los últimos 10 años se han incrementado la cantidad de programas de salud con elementos que integran las Tecnologías de Información y Telecomunicaciones (TIC). Estos proyectos Sanitarios que utilizan TIC se encuentran en los sectores de salud públicos y privados. En el 2009 el Observatorio Mundial de eSalud (GOe) de la OMS realizó una encuesta en la que los países miembros de la OMS autoevaluaron la integración de TIC en sus sistemas de salud, tal informe reveló que el 83% de los 112 países que respondieron tenían al menos un programa mHealth en ejecución (Kay, Santos, & Takane, 2009). Lo que determina una tendencia afirmativa, con la encuesta 2012 de eHealth en el sector privado del Centro para la Innovación del Mercado de la Salud (CHMI), que encontró que el 27% de los más de 650 programas encuestados tenían elementos de TIC 'expresamente' integrados para ayudarlos a alcanzar sus objetivos. (Arias et al., 2015), lo que hace suponer que la adopción de estas nuevas herramientas en el sector de la salud irá en aumento. En la publicación Un Teorema fundamental de la informática Biomédica (C. P. Friedman, 2009), expresa que una persona que utiliza TI tomará mejores decisiones que otra que no, partiendo de que esa persona sea un médico paciente o un grupo de médicos.

Ahora con la aparición de los teléfonos móviles inteligentes que combinan el uso de la computación y las comunicaciones (Saleh, Mosa, Yoo, & Sheets, 2012), cada vez se facilita el acceso a nuevas herramientas de software para el control y monitoreo de diversas enfermedades como: la diabetes, obesidad, asma, la hipertensión, afecciones cardíacas que, mediante el ingreso de indicadores de salud como: el peso, la presión sanguínea, glucosa, entre otras permiten evaluar las condiciones de salud primarias de un paciente. La era digital también está cambiando la forma en como los pacientes asumen su enfermedad, pues, ellos ahora han pasado de un estado pasivo a un estado activo en busca de información precisa respecto a su padecimiento, e ingresan a buscar información en Internet, registrarse en redes sociales como Facebook, Twitter (Moorhead et al., 2013) para tratar con otras personas con padecimiento similares y extraer información y recomendaciones que les permita conocer más acerca de la misma y en cierta forma manejar su condición de salud, este desarrollo de las TI han facilitado, la comunicación con centros de atención médica hospitalaria privadas y públicas así como con los médicos especialistas, los cuales también están redefiniendo su rol, ya que deben hacer frente a nuevos retos en el uso y manejo de la información

proporcionada por los sistemas existentes (Collins & Varmus, 2015), no obstante, su poder intuitivo no puede ser subestimado, por ser un factor de gran relevancia en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades. Estamos asumiendo que el médico deberá crear ahora nuevos mecanismos de información y comunicación que permitan una mayor interrelación con sus pacientes, apoyándose probablemente en el uso de redes sociales, para establecer una mejor comunicación, no solo para "publicar" la información. La comunidad global de medios sociales espera poder agregar valor a la conversación, ayudar a corregir rumores o desinformación, proporcionar comentarios u ofrecer experiencia personal (McNab, 2009), siendo las redes sociales una área nueva y de constante crecimiento en este sector.

Por otro lado, se tiene el uso de dispositivos digitales y sensores para el control de signos vitales o indicadores importantes de una enfermedad, los cuales son utilizados para tratar enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias, diabetes mellitus, enfermedades renales, control de postura y movimiento, rehabilitación, enfermedad de Parkinson, estrés, trastornos neurológicos, enfermedad de Alzheimer y demencia (Nangalia, Prytherch, & Smith, 2010), los cuales pueden estar conectados en línea para que el médico pueda dar una valoración en el diagnóstico de una enfermedad, sin tener, que estar presente, surgiendo una nueva necesidad, y es que la gran cantidad de información receptada por estos dispositivos de salud (sensores para el control del ritmo cardiaco, dispositivos digitales conectados para saber los niveles de glucosa, la presión arterial, la temperatura), es almacenada en los potentes equipos de cómputo y requieren de nuevas técnicas para el tratamiento y procesamiento de datos, los cuales serán almacenados en base de datos locales o en la nube.

Pero introducir la tecnología en un entorno de salud no solo afecta a los usuarios sino también a las personas entre ellos médicos y familiares que tienen que interactuar con nuevas formas de atención (Coiera, 2004), en unos casos no muy personalizada, con respuestas cortas y precisas, diseñadas por los sistemas inteligentes, que en algunos casos no alcance la expectativa de los usuarios, sin embargo, con la adaptación de las personas al uso de la tecnología esto podría ser cada vez menos relevante.

2.2. Global Health Informatic

La atención en los sistemas de salud, se enfrenta a desafíos cada vez más complejos como consecuencia del acelerado aumento de las poblaciones, las personas

pueden vivir más tiempo, aun padeciendo enfermedades crónicas, los tratamientos especializados abarcan a una mayor cantidad de proveedores de atención médica y todo esto con recursos escasos para enfrentar los crecientes desafíos. (Quintana & Safran, 2017).

Informes de la Organización Mundial de la Salud estiman que entre 2011 y 2025 los gastos relacionados al tratamiento de enfermedades no transmisibles, podrían calcularse en \$7 billones, si no se toman medidas compensatorias para la prevención de estas enfermedades (Chestnov, 2014) , siendo la proporción con mayor número de enfermos los países en vía de desarrollo (Reardon, 2011). Los pacientes con enfermedades crónicas como el cáncer, diabetes, asma y enfermedades cardiovasculares tendrán una mayor esperanza de vida gracias a tratamientos avanzados, pero esto también involucra, la atención de diversos proveedores de servicios de salud y el uso de nuevas formas de atención.

La informática de la Salud se podría definir entonces como la integración interdisciplinaria del conocimiento para el diseño, desarrollo, e implementación de innovaciones de TI para la gestión y planificación de servicios de salud (Garcia-Rochin, 2007). De forma evidente se puede decir entonces que para atender las necesidades de salud local y global se debe adoptar innegablemente el uso de informática médica para construir sistemas de salud que sean efectivos y eficientes, los cuales deben ser desarrollados ampliamente para apoyar la salud de pacientes en clínicas, hospitales y en el hogar.

2.2.1. e-health

Este concepto nace después de la aparición del internet, pero la constante evolución que ha tenido la Word Wide Web en los años posteriores ha hecho que este concepto se vaya adaptando con los nuevos servicios que ofrece, por lo cual se han elaborado varias definiciones de lo que es ehealth, en una revisión sistemática de la literatura en el artículo *What is eHealth : a systematic review of published definition* (Oh, Rizo, Enkin, & Jadad, 2005), se han recogido las definiciones de mayor relevancia de varios autores desde 1999 a 2004. Por lo que se han seleccionado tres que se adapten mejor a nuestro contexto:

Según la (International Telecommunication Union, 2003) la definición: *"Abarca todas las tecnologías de información y comunicación (TIC) necesarias para que el sistema de salud funcione"*

De acuerdo al autor (Wyatt & Liu, 2002), ehealth es: *"La integración de internet en el cuidado de la salud."*

Finalmente de acuerdo a (Eysenbach, 2001) eHealth es : *"El uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, especialmente Internet, para mejorar o habilitar la salud y la atención sanitaria, lo que permite conexiones más fuertes y efectivas entre pacientes, médicos, hospitales, pagadores, laboratorios, farmacias y proveedores."*

En las dos primeras definiciones se hace una integración de elementos como las Tecnologías de Información, el internet y la salud, sin embargo, en la última definición se incorporan nuevos actores, que para el desarrollo del presente trabajo, se consideran muy importantes estos son: pacientes, médicos, y entidades de salud por lo que se acoge este concepto por tener una mayor amplitud y alcance.

Es importante abordar los retos que involucra la adopción de ehealth, tanto para los organismos de salud pública, pacientes y médicos puesto que detrás de su implementación existe un complejo engranaje de elementos que se deben acoplar tales como interoperabilidad, barreras de formación interdisciplinaria (Pagliari, 2007), estrategia y política organizacional (Moen et al., 2013), seguridad de infraestructura, entre otros por lo que se describirán a continuación los que se han considerado más importantes:

- **Interoperabilidad:** Lograr la coexistencia con otros sistemas heredados y de diferentes arquitecturas, se constituye en un difícil factor debido a la complejidad de la información relacionada en el dominio de la salud, dado que existen limitaciones legales, de tipo técnica, y sociopolíticas. (Weber-Jahnke, Peyton, & Topaloglou, 2011), la información debe traspasar las barrera internas y externas para que se pueda compartir en beneficio de los pacientes.(Umer, Afzal, Hussain, Latif, & Ahmad, 2012), para solucionar este aspecto el autor propone la adopción de estándares de atención médica tales como la especificación HL7 V3, que es un estándar internacional de intercambio de mensajes e interoperabilidad. Por otro lado, cada jurisdicción tiene su propio

sistema de información, sea este en registros manuales, en computadoras o en un sistema mixto que incorpora registros en papel y basados en computadora. El gran número de proveedores de servicios de salud, jurisdicciones y sistemas de información característicos de los sistemas de salud contemporáneos en los países desarrollados presenta desafíos para la atención directa del paciente, así como para los investigadores y administradores, cuyo trabajo depende de los indicadores de salud. (Balka, Whitehouse, Coates, & Andrusiek, 2012). Se espera que con un mayor conocimiento de los aspectos clínicos y el tratamiento de los pacientes mejore la toma de decisiones clínicas.(Katehakis, Gonçalves, Masi, & Bittins, 2017)

- **La estrategia y política organizacional:** Una tecnología podría ser exitosa en una organización y luego en una organización diferente con usuarios y un flujo de trabajo diferente podría fallar considerablemente. Dado que existe un historial de iniciativas tecnológicas no funcionales que han causado graves daños financieros a muchos sistemas de salud, es esencial llevar a cabo dichas evaluaciones, y de hecho incorporarlas al diseño inicial de la solución en sí. (Moen et al., 2013).
- **La privacidad y seguridad de los datos:** La información en línea, la movilidad que ofrecen los nuevos sistemas informáticos de salud, el procesamiento y almacenamiento de gran cantidad de datos, ponen en evidencia el riesgo que pueden sufrir los sistemas ehealth ante ataques externos, ya que por un lado estas estrategias, tienen aspectos positivos como la ubicuidad de los servicios de salud, pero efectos negativos al exponer la información de los pacientes en infraestructuras que podrían considerarse vulnerables, generando altos niveles de desconfianza en los usuarios lo que conllevaría a abandonar el uso sistemático de las plataformas tecnológicas de salud. (Wilkowska & Ziefle, 2012).

Con el nuevo paradigma de computación en la nube la cual ofrece una alta disponibilidad de la información tanto a pacientes como a médicos, sin embargo, la distribución sensible de los datos en los diferentes servidores, cuestiona la privacidad y confidencialidad de los datos, los expertos en seguridad han ideado nuevos mecanismos de seguridad como la criptografías, pero, estos se pueden ver limitados si no se tiene una planificación de la recuperación ante desastres una hipótesis que no se puede descartar(Sahi, Lai, & Li, 2016).

Tomando en cuenta la naturaleza susceptible de la información se hace importante la implementación de mecanismos más seguros, eficientes y efectivos de tal manera que la información solo pueda ser compartida por las partes interesadas.(Chenthara, Ahmed, Wang, & Whittaker, 2019).

- **Infraestructura y datos:** De acuerdo a especialistas se estima que la creación de un sistema estandarizado de intercambio de información de salud en U.S.A rendiría un beneficio neto de más de \$ 75 mil millones por año (Walker, J., Pan, E., Johnston, D., Adler-Milstein, J., & al, 2005). Este cálculo no toma en consideración las ventajas que podrían obtenerse de mejoras en la atención clínica. Pero es preciso recordar que ni beneficios económicos ni clínicos se podrán obtener si no tomamos en cuenta otros factores, incluido el diseño del trabajo en procesos y equipos de comunicaciones (Pirnejad, Bal, & Berg, 2008). El volumen de información se vuelve un desafío por la complejidad de los datos disponibles que pueden estar almacenados en diferentes formatos, y puede abarcar una amplia población, requiriéndose de alta experiencia para procesar los datos de forma precisa, y se generen resultados confiables.

Esto se evidencia en los aspectos de configuración específica de las plataformas de TI, tomando en consideración la alta disponibilidad en el suministro de energía y conectividad de los equipos servidores y de comunicaciones.

2.2.2. m-health

El uso de dispositivos móviles de ha extendido considerablemente en todo el mundo, la movilidad que ofrece y su fácil acceso a la información de salud por los pacientes y médicos ofrece nuevas formas de seguimiento y tratamiento de las enfermedades crónicas. Los investigadores en innovación están explotando la oportunidad de utilizar el poder de las tecnologías móviles para el beneficio de la salud pública, lo que permitirá a los pacientes estar conectados a servicios que incluyen información de salud en demanda, gestión de registros de salud y control remoto en tiempo real de enfermedades crónicas como diabetes, asma e hipertensión, entre otras. El 90% de la población mundial podría beneficiarse de las oportunidades que representan las tecnologías móviles, y a un costo relativamente bajo. Muchos sectores en países de bajos ingresos ya están incorporando el uso de dispositivos de tecnologías móviles en sus procesos, sin embargo, el sector de la salud ha sido lento al adoptar las tecnologías móviles en las operaciones de rutina. (Ryu, 2012)

Se podría entender entonces el mHealth como el uso de dispositivos móviles de comunicación, que junto con Internet y redes sociales, pueden mejorar la prevención y el manejo de enfermedades extendiendo intervenciones de salud más allá del alcance de la atención tradicional, esto incluye aplicaciones simples y tecnologías complejas que involucran voz, mensajes SMS, multimedia, tecnología bluetooth, entre otros (Marcolino et al., 2018). Mhealth es utilizado cada vez más para mejorar la comunicación, el monitoreo y seguimiento del paciente (Müller, Alley, Schoeppe, & Vandelanotte, 2016), promover la adherencia al tratamiento y el acceso a los servicios de salud (Sarabi, Sadoughi, Orak, & Bahaadinbeigy, 2016), y para el manejo de enfermedades crónicas (Cooper, Clatworthy, Whetham, & Consortium, 2017).

2.2.3. e-patient

También conocido como paciente electrónico se refiere a las personas involucradas en sus decisiones de salud y atención médica que utilizan el internet y otros recursos para adquirir conocimiento y recopilar información de salud de su interés (Hoch & Ferguson, 2005), pero este término no solo se refiere al individuo como tal sino también a amigos y familiares que buscan información en su nombre., esta tendencia la observamos en unas estadísticas de los EEUU en la cual se estima que el 72% de los usuario que poseen internet han buscado información relacionada a temas de salud para ellos, algún familiar o amigo (Fox & Duggan, 2013).

Por ejemplo, existen casos de personas con diabetes tipo1, que participan activamente en su tratamiento, monitoreando continuamente sus niveles de glucosa en la sangre y suministrando la dosis de insulina necesaria, existen aplicaciones de software de código abierto que apoyan a los usuarios para un mejor autocontrol de la diabetes tipo1 mediante el seguimiento del paciente. (Riggare, 2018).

Para las personas que requieren insulina, la transmisión de datos a través de medios inalámbricos, puede reducir los errores en la medición y disminuir la frustración de realizar el registro manual por parte del paciente, simplificando esta tarea diaria e impactando a la adherencia a la autogestión del tratamiento (Goyal & Cafazzo, 2013). Existen muchas apps en el medio sin embargo la mayoría sirve solamente para el registro manual de los niveles de glucosa, los cuales no difieren en gran manera de un registro manual en una libreta, de acuerdo a (Goyal & Cafazzo, 2013), solo un 20% de las aplicaciones tiene una retroalimentación en educar al usuario de las cuales apenas 1 de cada 5 aplicaciones entregan recomendaciones personales.

De acuerdo a (Cafazzo, Casselman, Hamming, Katzman, & Palmert, 2012), el uso de registro móvil aumento en un 49,6%, la frecuencia de medición de la glucosa en la sangre en un periodo de 12 semanas. Por lo que el que uso de aplicaciones móviles está produciendo cambios en el comportamiento del estilo de vida.

2.3. Sistemas inteligentes de autogestión de la salud

Los sistemas de recomendación son herramientas y técnicas de software que proporcionan sugerencias personalizadas sobre un tema específico para un usuario particular (Ricci et al., 2011). Los sistemas de recomendación ofrecen información filtrada de muchos elementos que tienen diversas características, estas recomendaciones proporcionan temas de interés para los usuarios, dichos sistemas se vienen aplicando con éxito en diferentes contextos, como el tratamiento de enfermedades de las plantas(Lagos-Ortiz, Medina-Moreira, Paredes-Valverde, Espinoza-Morán, & Valencia-García, 2017), las bibliotecas digitales (Tejeda-Lorente et al., 2014), turismo (Gavalas, Konstantopoulos, Mastakas, & Pantziou, 2014), servicios web (Z. Zheng et al., 2009), entre otros.

Como una particularidad de los sistemas de recomendaciones, tenemos los Sistemas de Apoyo a la Decisión Clínica (CDSS), que son sistemas informáticos creados para apoyar la toma de decisiones del especialista o grupo médico al momento de realizar diagnósticos de sus pacientes (Berner & La Lande, 2007). Existe una diversidad de CDSS algunos de ellos vienen funcionando desde hace muchos años atrás, pero la constante evolución de los sistemas, han hecho que hoy sean más avanzados utilizando técnicas como minería de datos y potentes algoritmos para el apoyo a la toma de decisiones. Los CDSS permiten optimizar las decisiones médicas con la información proporcionada por la base de conocimiento del sistema, generando también una mejor atención con el uso de alertas y recomendaciones, la nueva información almacenada será útil para la toma de futuras decisiones clínicas. No obstante, como limitaciones debemos considerar que el uso de los CDSS requieren una capacitación a los usuarios respecto al uso del sistema, por otro lado no se puede descartar que el profesional médico pueda sentir cierto nivel de desconfianza de los resultados generados por el sistema (Hersh & Hoyt, 2018). De acuerdo a (Abbasi & Kashiyarndi, 2006) el desarrollo de estos sistemas es un trabajo difícil en el que se necesita conocer: el dominio de salud para entender el problema de decisión, la ciencia de la decisión y la investigación para la toma de decisiones compartidas, el uso de informática médica soportados por

la tecnología y algoritmos para la recolección, procesamiento, y presentación de la información de salud, y finalmente el conocimiento de la organización para adaptar el CDSS a los flujos de trabajo en el contexto de la práctica clínica. Una clasificación importante de los CDSS se deriva de si son sistemas basados en conocimiento o no basados en conocimiento, el primero utiliza mecanismos de aprendizaje y el último utiliza reconocimiento de patrones estadísticos (Berner & La Lande, 2007).

Un sistema basado en conocimiento (KBS) es un sistema informático que utiliza y genera el conocimiento de diversas fuentes de datos e información. Utiliza inteligencia artificial para resolver problemas complejos y son utilizados para respaldar el conocimiento humano en la resolución de problemas y la toma de decisiones. Los sistemas basados en conocimiento constan, de tres elementos importantes como son: una base de conocimiento, un motor de inferencia y el mecanismo para comunicarse. (Abbasi, University, and 2006).

Para el caso de los CDSS la base de conocimiento contiene las reglas de la forma IFTHEN que relaciona la información médica sobre situaciones y tareas definidas. El motor de inferencia le permitirá formular conclusiones en base a la combinación y correlación de las reglas existentes en la base de conocimiento. Y el mecanismo para comunicarse, son las salidas del sistema a través de una interfaz de usuario lo suficientemente comprensiva para que pueda tomar una decisión.

En este apartado vamos a abordar principalmente los sistemas de recomendaciones en el dominio de la salud específicamente en el tratamiento y cuidado de la diabetes.

2.3.1. PEPPER: Empoderamiento del paciente a través del soporte predictivo personalizado de decisiones

PEPPER, es un proyecto de investigación que tendrá una duración de tres años y ha sido financiado por el Marco de Unión Europea 2020. La misión es crear un sistema de recomendaciones de apoyo para suministrar las dosis de insulina en pacientes con diabetes tipo 1, basándose en factores fisiológicos, alimenticios, estilo de vida, ambiental y social. El sistema será parte de un sistema compuesto por una bomba de suministro de insulina, este enfoque está orientado a mejorar el tratamiento del paciente (López, Herrero, & Martin, 2016) .

En la diabetes Tipo 1 las células beta pancreáticas son destruidas por el mismo cuerpo, al no poder regular los niveles de glucosa en la sangre debido a la incapacidad para producir insulina, presentándose como una enfermedad crónica que debe ser debidamente controlada. Las condiciones de peligro pueden ser controladas con el suministro de insulina diario que lo que hace es simular la secreción de insulina de un páncreas saludable. Una alternativa al tratamiento es utilizar una bomba de infusión subcutánea continua de insulina, que suministraría automáticamente el medicamento al paciente. Se han desarrollado herramientas de apoyo a las decisiones para ayudar en este proceso, mediante una calculadora de insulina que realiza cálculos matemáticos preestablecidos basados en la relación insulina-carbohidrato y factor de resistencia a la insulina, haciendo también una valoración de la insulina activa a partir de anteriores dosis. Estos elementos actualmente ya se encuentran implementados en gran cantidad de las bombas de insulina (Klonoff, 2012). Por otro lado, tenemos el uso de aplicaciones en dispositivos móviles para el apoyo a la toma de decisiones (Asand et al., 2012), las cuales almacenan remotamente la informaci3n ingresada en la nube lo que facilita la portabilidad del historial clínico del paciente.

Existe una tendencia creciente del uso de herramientas de apoyo a las decisiones instaladas en los equipos m3viles (Klonoff, 2016). En algunos casos capturan los datos mediante sensores, pero por el momento la mayoría se hace de forma manual, este 3ltimo en algunos casos puede incomodar al paciente que termina abandonando el uso de la herramienta de apoyo (Asand et al., 2012) .

PEPPER se basa en el principio de recolectar los datos que vienen de diferentes fuentes, de forma automática a través de sensores, esta informaci3n es administrada por el modulo basado en casos (CBR) con el prop3sito de generar recomendaciones individualizadas de insulina, por otro lado, el modulo basado en modelos (MBR) genera alertas para garantizar la seguridad de los pacientes, así también todo el sistema se puede unificar utilizando una bomba de parche de insulina discreta.

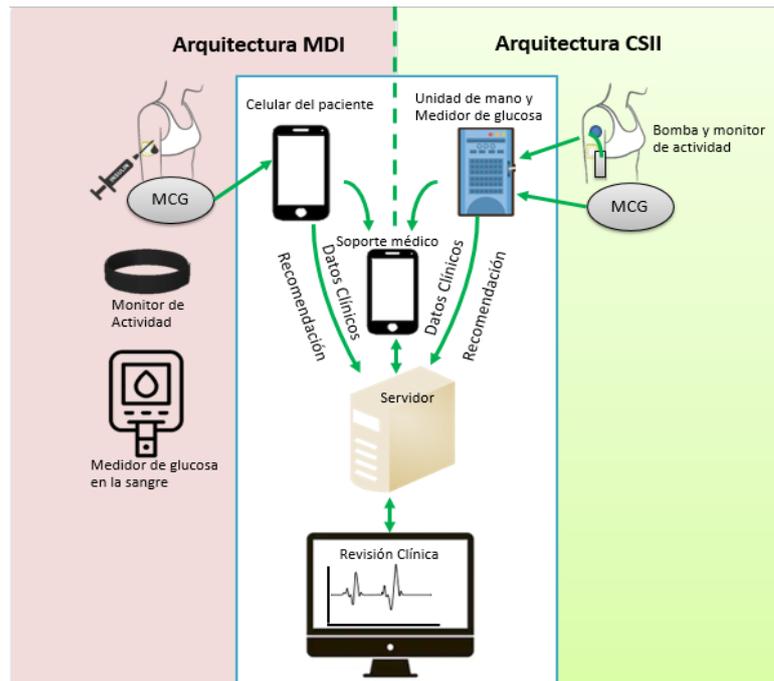


Figura 2-1 Arquitectura PEPPER

La arquitectura del sistema PEPPER que se muestra en la Figura 2-1, realiza recomendaciones de dosis de insulina en base a las necesidades cambiantes del paciente, utilizando un enfoque basado en casos (CBR), y ayuda a la seguridad de los pacientes mediante un enfoque basado en reglas (MBR) utilizando alerta de predicción de glucosa, limitaciones de insulina, sugerencias de carbohidratos y diagnósticos de fallas. PEPPER tiene una arquitectura dual como el de Múltiples Inyecciones Diarias (MID) o mediante una bomba de parche discreta patentada con el nombre de Cellnovo, para ambos casos el paciente debe usar constantemente un monitor continuo de glucosa (MCG), cuya función es determinar automáticamente los resultados de la glucosa. Es posible utilizar un monitor de actividad que podría estar integrado en la bomba Cellnovo o se puede utilizar aplicaciones disponibles en el mercado como FitBit por ejemplo, las cuales podrían mostrar automáticamente la actividad física realizada por el paciente. Por otro lado tenemos el medidor de glucosa capilar el cual recolecta información de los niveles de glucosa para calibrar el MCG o para ser usados en caso de que no se disponga de información previa. Datos adicionales pueden ser ingresados al sistema mediante la interfaz del teléfono inteligente, tales como el consumo de alimentos, consumo de alcohol, ciclos hormonales las cuales alimentan al motor CBR y se utilizan para estimar la dosis de insulina correspondiente. Todas las entradas de información se guardan en el CBR para calcular mediante algoritmos matemáticos la dosis de insulina, si el paciente acepta la recomendación la bomba suministra la dosis

indicada o el paciente se inyecta manualmente mediante un medidor, la dosis establecida, así mismo el módulo de seguridad realiza las recomendaciones respectivas para el caso de hipoglucemia sugiriendo el consumo de carbohidratos o hiperglucemia el suministro de insulina. Si el sujeto hace caso omiso a las recomendaciones de la herramienta de software, el sistema envía un SMS al especialista tratante o familiar, para que tome las medidas pertinentes. Los datos se almacenan localmente pero cuando la conectividad de la red está disponible los envía a un servidor para el procesamiento de la información y generación de reportes.

2.3.1.1. Razonamiento basado en casos para dosis de insulina

Esta es una técnica ampliamente utilizada en medicina que utiliza inteligencia artificial y trata de resolver los problemas encontrados recientemente con soluciones que han sido eficaces con anterioridad. Este ciclo está conformado de cuatro pasos: reutilizar la información utilizada en casos anteriores para resolver problemas; analizar la solución propuesta; revisar la solución propuesta y guardar las lecciones aprendidas para casos futuros (Aamodt & Plaza, 1994).

En el ciclo CBR el PEPPER se compone de dos elementos que son: el que puede ejecutar en una unidad local portátil y el que puede se puede ejecutar en una unidad remota servidor. Ambas partes coinciden en el uso de una base de casos y se sincronizan periódicamente con el servidor. La evaluación del ciclo CBR se ejecuta en el servidor y antes que se incorpore como un nuevo caso se requiere la aprobación de un experto médico.

2.3.1.2. Razonamiento basado en reglas para dosis de insulina

Este razonamiento se define como la interacción de observación y predicción (Davis & Hamscher, 1988). Esta técnica se ha propuesto en el escenario de la diabetes para limitar la dosis de insulina por un páncreas artificial (Ellingsen et al., 2009), predicen situaciones de hipoglucemia (Harvey et al., 2012) y efectúa el monitoreo continuo de glucosa, todas estas técnicas conforma un sistema que presta fiabilidad al paciente de su uso en todo momento.

2.3.2. DIABSOFT: Sistema de soporte de decisiones médicas que previene, monitorea y trata diabetes.

Este sistema confía en el intercambio de datos y la integración para generar recomendaciones para pacientes y profesionales de la salud.(Cruz-Ramos, Alor-Hernández, Sánchez-Cervantes, Paredes-Valverde, & Salas-Zárate, 2018).

DiabSoft pretende ser una herramienta de recomendación individualizada que se adapte a las necesidades de cada paciente, para lograrlo combina diferentes TI, como ontologías, big data, minería de datos, sistemas de recomendación, minería de opinión y redes sociales. Su arquitectura tiene los siguientes componentes: una plataforma Web, un sistema de recomendaciones para el tratamiento de pacientes, y explotación de datos y validación clínica.

La plataforma web consta de tres elementos como son: un clasificador que permite la clasificación de las enfermedades crónico degenerativas; una plataforma eHealth (que se compone de un módulo de monitoreo para supervisar parámetros físicos y mentales , supervisar actividades físicas y mentales realizadas, registros médicos electrónicos, una web sensible y optimizada que se conecta con dispositivos móviles); y finalmente un sistema de recomendación basado en el conocimiento y el filtrado colaborativo.

El sistema de recomendaciones está compuesto de un repositorio de opiniones médicas que permite ayudar a tratar enfermedades crónico-degenerativas usando información médica extraída de las redes sociales donde los especialistas en salud participan activamente. Este repositorio se basa en Facebook y Twitter, las dos más populares redes sociales. Un Extractor de opiniones médicas, que obtiene información de las redes sociales antes mencionadas y la almacena en el repositorio de opiniones médicas. Un sistema de seguimiento del tratamiento, que permite la trazabilidad de las recomendaciones médicas generadas para identificar e informar a los usuarios del impacto de dichas recomendaciones en la salud, lo que permite mejorar continuamente las recomendaciones generadas, a través de la retroalimentación informativa que se proporciona a los especialistas en atención médica. La interfaz DiabSoft, es compatible con los sistemas operativos móviles iOS y Android.

Para la explotación de datos y validación clínica Diabsoft, utiliza minería de opiniones para explotar la información generada por el usuario disponible en la

plataforma del repositorio, así mismo permite la integración con otros sistemas médicos al operar con plataformas nuevas y admite diferentes tipos de dispositivos a través de una capa de integración basada en la interoperabilidad y las tecnologías de mapeo semántico. Posee un servicio de computadora que es sensible al contexto médico.

La arquitectura consta de 5 capas como son: la capa de presentación, la capa de integración, la capa de servicios, la capa de acceso de datos, y la capa de datos (Ver Figura 2-2) la capa de presentación permite el acceso a diferentes plataformas de sistemas operativos y navegadores web, la capa de integración le permite ser compatible con nuevas plataformas, mediante una interfaz de programación que pueda acceder a las funcionalidades de las capas más bajas, es posible acceder a diferentes servicios a través de la capa de servicios que integra la información, sistema de recomendación, y registro médico, es posible acceder a toda la información de entrada / salida de la arquitectura, mediante las diversas fuentes de datos presentes en la capa de datos que incluye, un módulo de registro médico y monitorea los parámetros vitales y físicos del paciente y las actividades físicas y mentales. Las recomendaciones se basan en el usuario (paciente), diagnósticos médicos históricos y redes sociales. Los datos de RDF (Resource Description Framework) se obtienen a partir de dos ontologías: la ontología de clasificación de enfermedades crónico-degenerativas y la ontología de clasificación de servicios médicos. Esta capa almacena todos los datos estructurados, datos no estructurados y datos de redes sociales en una capa de datos para ser utilizados por las capas superiores.

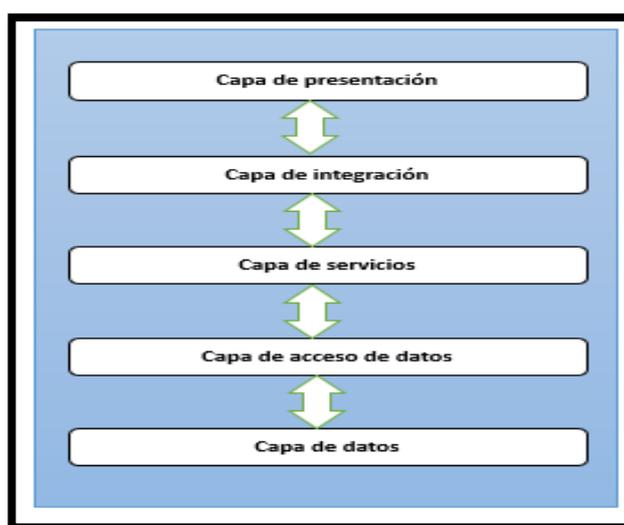


Figura 2-2 Arquitectura Diabsoft

Se puede resumir que DiabSoft es un sistema escalable que permite a los usuarios acceder a la información médica, la toma de decisiones, las correlaciones, la definición de indicadores y detección de enfermedades crónico-degenerativas. Se apoya en las técnicas de minería de opinión, inteligencia colectiva y el uso de tecnologías semánticas como los datos del lenguaje de ontología web (OWL) y RDF.

2.3.3. DIALBETICS: Un novedoso sistema de apoyo de autogestión basado en teléfonos inteligentes para pacientes con diabetes tipo 2.

Es otro sistema basado en sistema de apoyo de autogestión para pacientes con diabetes tipo 2. DialBetics se compone de cuatro módulos: el módulo de transmisión de datos, el módulo de evaluación de datos, el módulo de comunicación y el módulo de evaluación dietética según se muestra en la Figura 2-3. Este sistema, es un sistema interactivo en tiempo real, parcialmente automatizado que interpreta datos del paciente como: información biológica, ejercicio y contenido dietético, y responde con hallazgos procesables apropiados, lo que ayuda a los pacientes a lograr la autogestión de la diabetes. Para probar DialBetics, 54 pacientes con diabetes tipo 2 fueron aleatoriamente divididos en dos grupos, 27 se incluyeron en el grupo DialBetics y 27 en el DiabSoft: un sistema para la prevención de la diabetes grupo que no es de DialBetics. Como principales hallazgos, los autores descubrieron que HbA1c y los valores de azúcar en sangre en ayunas (FBS) disminuyeron significativamente en el grupo de DialBetics.

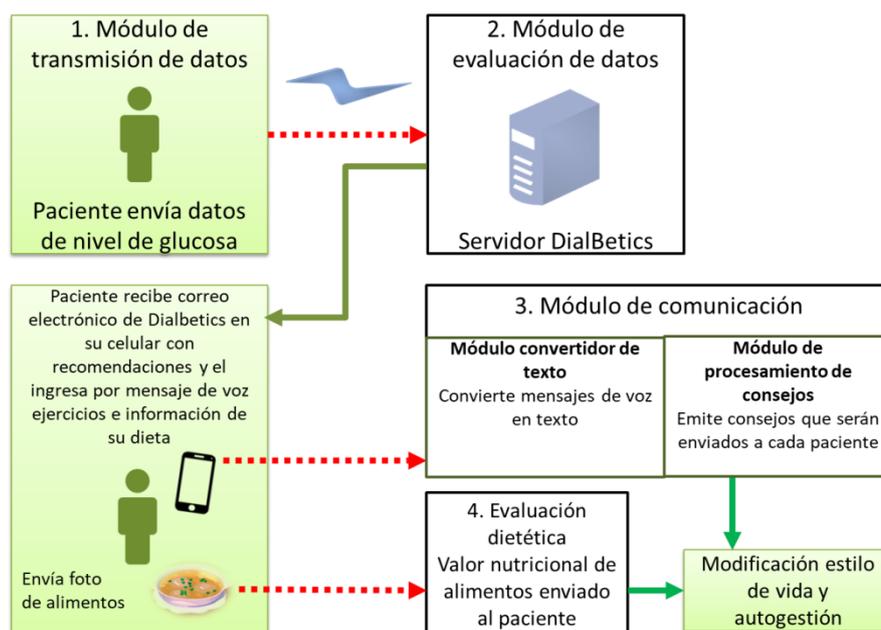


Figura 2-3 Arquitectura DialBetics

La evaluación del sistema se realizó entre 11 clínicas con 41 consentimientos, los médicos de atención primaria y los 2556 pacientes con diabetes. Los pacientes fueron asignados aleatoriamente para recibir o no recibir un servicio de salud electrónico sistema basado en registros para mejorar la atención de aquellos pacientes cuya hemoglobina A1c, la presión arterial o los niveles de colesterol LDL fueron más altos que el objetivo en cualquier oficina visitar. Entre los médicos del grupo de intervención, el 94% estaban satisfechos o muy satisfechos con la intervención.

2.3.4. LDA-ANFIS: Sistema inteligente para el diagnóstico de diabetes

Los autores (Dogantekin, Dogantekin, Avci, & Avci, 2010) presentan un sistema de diagnóstico inteligente para la diabetes en el análisis discriminante lineal (LDA) y el sistema de inferencia difusa basado en la red adaptable (ANFIS): LDA-ANFIS. La estructura de este sistema inteligente está compuesta por dos fases: la fase de análisis discriminante lineal (LDA) y la clasificación mediante el uso de la fase de clasificación ANFIS. En la primera fase, el análisis discriminante lineal se utiliza para separar las variables de características entre los datos de personas sanas y los de pacientes con diabetes. En la segunda fase, las características saludables y del paciente con diabetes obtenidas en la primera fase se dan a las entradas del clasificador ANFIS. Un médico comúnmente determina las decisiones al evaluar los resultados de las pruebas actuales de un paciente o compara al paciente con otra persona con la misma condición que tenga los mismos síntomas. Por lo tanto, el diagnóstico de la diabetes es un tema muy difícil (Polat, Güneş, & Arslan, 2008). Por este motivo, los autores proponen un sistema de diagnóstico inteligente para la diabetes en el Análisis discriminante lineal (LDA) y el sistema de inferencia difusa basado en la red adaptativa (ANFIS) LDA-ANFIS sustentado por el diagrama de bloques presentado en la Figura 2-4 Bloque de diagrama de LDA-ANFIS para ayudar al médico a diagnosticar la enfermedad de la diabetes.

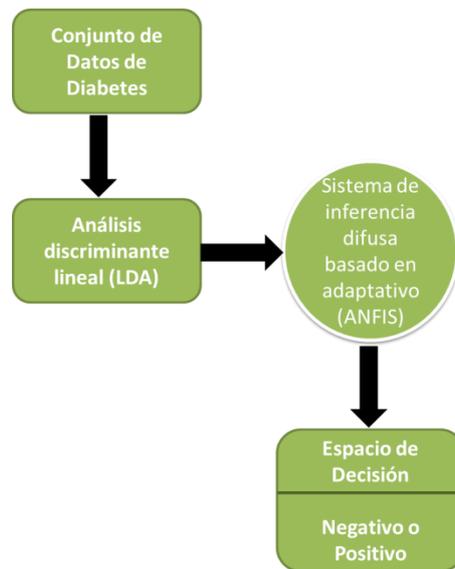


Figura 2-4 Bloque de diagrama de LDA-ANFIS

El patrón de diagnóstico se compone de dos etapas, que son etapas de extracción de características y clasificación. La etapa de extracción de características es la parte más importante del diagnóstico de patrones y un componente del diseño del sistema inteligente (Engin Avci & Akpolat, 2006), (Engin Avci & Avci, 2008). Si no se seleccionan correctamente las características, la clasificación realizada utilizando el mejor clasificador no será exitosa. En la etapa de clasificación, ésta se realiza dando un vector de características reducido a las entradas del clasificador (Dickhaus & Heinrich, 1996).

El análisis discriminante lineal (LDA) (Tang & Tao, 2007) es una clase discriminativa específica. Ésta técnica beneficia el aprendizaje supervisado para encontrar un conjunto de vectores base. En la red adaptativa basada en el sistema de inferencia difusa (ANFIS), se utiliza en cambio la estructura del clasificador, tanto la red neuronal artificial como la lógica difusa (E Avci & Turkoglu, 2003). El clasificador ANFIS se forma obteniendo el conocimiento basado en reglas, pares de datos de entrada-salida y algoritmos de aprendizaje de redes neuronales.

Se realizaron estudios experimentales en la base de datos de diabetes con un grupo de mujeres Pima (grupo de indígenas de Arizona) de al menos 21 años de edad para evaluar la solidez del sistema de diagnóstico inteligente de diabetes LDA-ANFIS. Se compararon los resultados con los resultados anteriores. El sistema de diagnóstico LDA-ANFIS tiene la mayor precisión de clasificación, 84,61%, reportado. En estos

estudios experimentales, se utilizaron dos clases de diagnóstico, para pacientes sanos y enfermos.

Los autores evaluaron el rendimiento correcto del sistema, el cual se calcula utilizando análisis de sensibilidad y especificidad, precisión de clasificación y matriz de confusión, respectivamente.

2.3.5. T-IDDM: Un soporte de telemedicina para el manejo de la diabetes

En el contexto del proyecto de gestión telemática de diabetes mellitus insulino dependiente (T-IDDM) (Bellazzi et al., 2002), se ha diseñado, desarrollado y evaluado un sistema de telemedicina para el tratamiento de pacientes diabéticos que dependen de insulina. La arquitectura del sistema se basa en la integración de dos módulos, una Unidad de Paciente (UP) y una Unidad médica (UM), como se muestra en la Figura 2-5, el cual se comunica través de Internet y la red telefónica pública. Al usar la Unidad del paciente, es posible descargar automáticamente sus datos de monitoreo desde el dispositivo de monitoreo de glucosa en sangre y enviarlos a la base de datos del hospital. También reciben apoyo en su actividad diaria de autocontrol. La UM proporciona a los médicos un conjunto de herramientas para la visualización de datos, el análisis de datos y el apoyo a la toma de decisiones, y les permite enviar mensajes y recomendaciones a los pacientes. Así también la UM ayuda al médico en la definición del régimen de insulina soportado por los datos del paciente, por otro lado, el UP ayuda a los pacientes en el autocontrol, recomendando ajustes de dosis de insulina, cuando es necesario. Las dos unidades funcionan de manera asíncrona, ya que no se sabe exactamente a priori cuándo se realizarán las comunicaciones de datos.

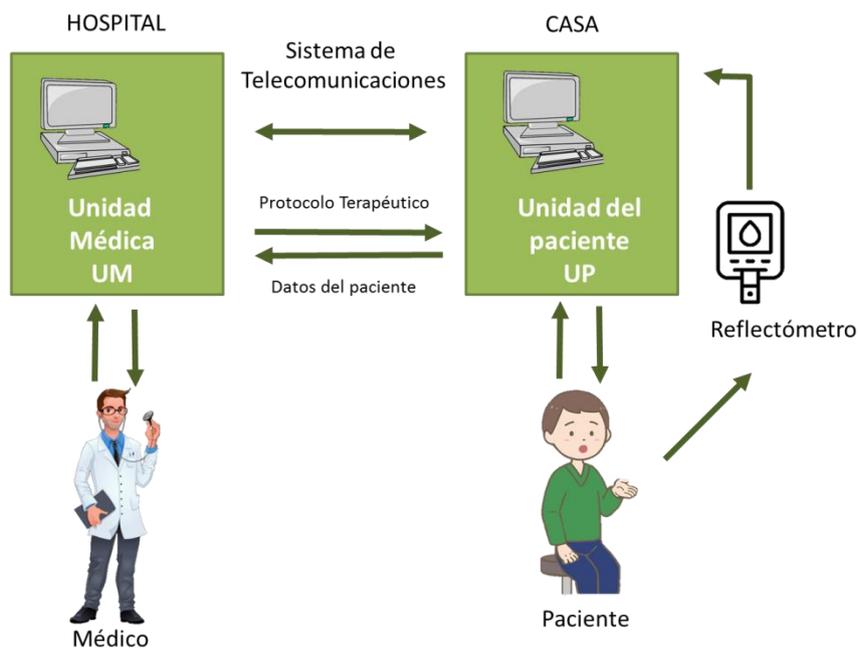


Figura 2-5 Arquitectura T-IDDM

En este estudio se basaron en el uso de la telemedicina ya que estudios clínicos han demostrado una reducción significativa de HbA1c en el grupo que adopta esta herramientas (Thompson, Kozak, & Sheps, 1999), (Billiard et al., 1991), (Rosenfalck & Bendtson, 1993), (Shultz, Bauman, Hayward, & Holzman, 1992), (Albisser, Harris, Sakkal, Parson, & Chao, 1996).

La arquitectura del proyecto está basada en la web que incluye un servidor de base de datos Oracle RDBMS, un servidor de abstracción temporal en C, uno de análisis de datos, de un sistema de soporte de decisiones y un servidor web en Common Lisp.

T-IDDM se ha evaluado mediante la aplicación de una metodología formal, y ha sido utilizado por pacientes y médicos europeos durante aproximadamente 18 meses. Los resultados obtenidos fueron en función de 12 pacientes para probar la generación de consejos terapéuticos de MU en datos reales del paciente y compararlos con los consejos de los diabetólogos. T-IDDM parece corroborar la hipótesis de que el uso del sistema podría presentar una ventaja en el manejo de pacientes diabéticos dependientes de insulina, por medio de la telemedicina.

2.3.6. Sistema Inteligente móvil para el cuidado de la diabetes con mecanismos de alertas

Los autores (R. G. Lee, Hsiao, Chen, & Liu, 2005) proponen un sistema de atención móvil inteligente para el cuidado de la diabetes basado en roles con mecanismo de alerta. La idea principal es ayudar al paciente con diabetes mellitus (enfermedad crónica) a controlar constantemente su nivel de glucosa en la sangre mediante un mecanismo de alertas.

El sistema incluye roles, es decir los usuarios del sistema, entre ellos, pacientes, médicos, enfermeras y asistentes de atención domiciliaria. Estos usuarios utilizan un dispositivo móvil (PDA con módulo GSM o un teléfono móvil). El sistema maneja un conjunto de alertas mediante el uso de una estrategia automática que garantiza la integridad de las notificaciones. Se pretende crear una cadena de atención y cuidados inteligente en los centros de atención que proporcione asistencia confiable y rápida al paciente con diabetes.

La arquitectura del sistema se basa en servidores de clientes de tres niveles. El front-end incluyen los dispositivos móviles o computador personal, que proporcionan la transmisión y recepción de datos, la adquisición y carga de parámetros fisiológicos de los pacientes, envío de alertas, acceso a recursos de lectura para la salud y consulta a proveedores de atención; y el back-end incluye el servidor en el centro de atención y la base de datos; el servidor ofrece el servicio de monitoreo de varios parámetros fisiológicos, ejecución de los mensajes de alerta, gestión de procedimientos y acceso web, así también la base de datos es el repositorio de los recursos de los datos inmersos en el sistema. Ver Figura 2-6.

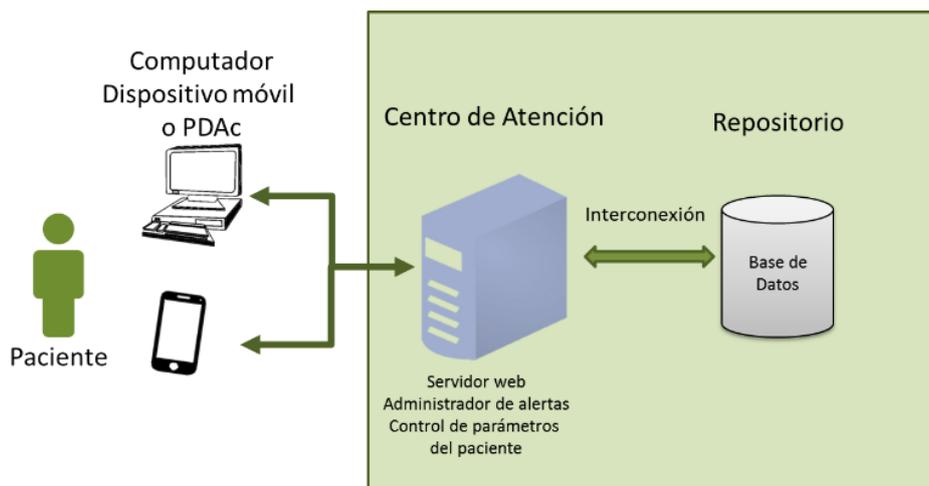


Figura 2-6 Arquitectura del Sistema inteligente móvil

El sistema propuesto maneja servicios inteligentes 2 de ellos son:

- El primero es cuando el paciente no ingresa los datos de niveles de glucosa en sangre según lo programado y el centro de atención envía una notificación de alerta al paciente. Si aun así el paciente no carga los datos después de la notificación, el centro de atención cambia de nivel de atención de urgente a crítico y notificará a los demás asistentes para ayudar al paciente y evitar un estado de hipoglucemia. El nivel crítico bajará solamente cuando el paciente cargue los datos respectivos.
- El segundo es que el centro de atención envía una notificación al paciente que debe regresar al hospital para una consulta. Luego de que el paciente recibe la alerta, puede usar los dispositivos de atención móvil para conectarse y registrarse en el sistema de registro en línea del hospital. Se acerca al hospital según horario de reserva. En el camino, el sistema ofrece la función de mapa electrónico en el dispositivo de atención móvil para sugerir rutas MRT y de autobús, para ayudar al paciente a escoger la mejor opción y llegar a tiempo. El sistema también brinda la función de llamada automática de números en el sistema de atención inteligente, el centro de atención enviará una alerta a su dispositivo de atención móvil para notificarle que ingrese a cita médica. (Xiao, Seagull, Nieves-Khouw, Barczak, & Perkins, 2004)

La tecnología de servicios web es utilizada en la propuesta para generar los mensajes de alerta XML; para los programas de la aplicación móvil se ha utilizado J2ME.

El PDA está diseñado para la recepción y registros de alertas recibidas y por responder y un historial de ellas (Choi et al., 2004).

Para la evaluación del sistema se han realizado varias pruebas. En la prueba de confiabilidad, se constató que es posible recibir y procesar en su totalidad 20 mensajes cortos de alerta urgente, de forma consecutivamente o no consecutivamente. Lo que demuestra que el sistema es fiable. En la prueba de rendimiento, se evaluó el tiempo promedio que tarda el procedimiento completo, es decir, enviar un mensaje de alerta al centro de atención, procesar información en la plataforma del centro de atención y enviar un mensaje corto a un asistente de atención, como resultado se obtuvo que el proceso se realizó en un lapso de 20 segundos (Envío de un mensaje de alerta 8s, procesamiento en la plataforma del centro de atención 4s y envío del mensaje al asistente de atención 8s). Se concluye que el sistema es capaz de emitir alertas de forma inmediata.

En conclusión, para generar los mensajes de alerta en la implementación de un sistema de atención móvil se utiliza la función de transmisión de mensajes basada en roles, de tal forma que cada rol o centro de atención envíe alertas por medio de mensajes a los pacientes entre diferentes plataformas, como computadoras de escritorio, PDA y teléfonos móviles (Li & Istepanian, 2003). Al aplicar la estrategia de urgencia de alerta automática (normal, urgente y crítica) para enviar la alerta al personal indicado se asegura la integridad de la notificación, que sirva para mejorar la calidad de la atención de la diabetes (Wang, Lau, Matsen, & Kim, 2004).

2.3.7. DID: Diario Interactivo para la Diabetes: Sistema de telemedicina útil y fácil de usar para apoyar el proceso de toma de decisiones en la diabetes tipo 1

(Escobar Macías, 2017) Las personas que padecen de diabetes requieren realizarse constantemente pruebas de glucemia y hemoglobina, que permitan determinar la dosis de insulina que deben aplicarse. Así también se consideran que dichos pacientes deben tener un control eficaz de la cantidad de carbohidratos que consumen. Pero, el equilibrio perfecto es difícil de obtener en cuanto a la ingesta de CHO y la dosis de insulina, para ello debe existir mecanismos de educación a los pacientes con respecto a la lista de alimentos que contienen CHO, la evaluación del peso y la porción de las comidas, y la estimación de la cantidad correcta de insulina de

acuerdo con una proporción específica e individual de insulina / CHO (Delahanty & Halford, 1993) .

Los autores (Rossi et al., 2009) proponen el uso de la telemedicina que soporte al paciente en la ardua tarea de determinar las cantidad de carbohidratos consumidos puede ser una herramienta importante para que los pacientes se comuniquen con su médico (Farmer, Gibson, Tarassenko, & Neil, 2005).

Un diario interactivo puede ayudarlos a identificar la dosis de insulina adecuada de acuerdo con la cantidad de CHO ingerida, evitando el uso de cálculos difíciles. El Diario Interactivo para la diabetes (DID) fue configurado en los teléfonos móviles de los pacientes y se permitió registrar los valores de glucosa en sangre y cuantificar la ingesta total de CHO durante una comida, eligiendo el alimento específico y la cantidad ingerida mediante una lista de imágenes. Además, sugirió el bolo de insulina más apropiado en relación con la relación CHO / insulina del paciente. Los datos fueron enviados al médico por el Servicio de mensajes cortos (también conocido como mensaje de texto).

El DID se creó como una calculadora de bolos de insulina / CHO, una tecnología de información y un sistema de telemedicina basado en la comunicación entre el profesional de la salud y el paciente por medio del servicio de mensajes de textos cortos (SMS) Ver Figura 2-7. El sistema recomienda al paciente sobre la dieta, la actividad física y el cálculo de la insulina en bolo.

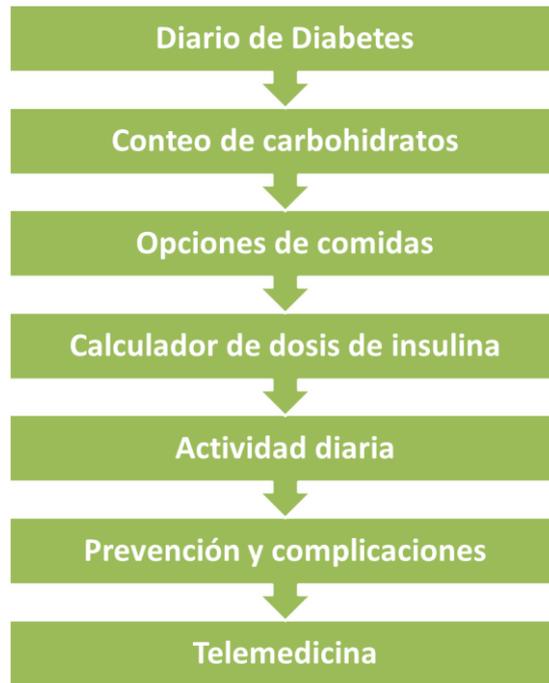


Figura 2-7 Seguimiento de actividades del DID

El sistema incluye un algoritmo para el cálculo de la dosis basal de insulina, basado en el valor de la glucosa en sangre en ayunas (FBG) y la presencia de episodios de hipoglucemia. Se lo configura en un teléfono móvil, que puede utilizarse para registrar los valores de glucosa en sangre y la dosis de inyecciones de insulina en tiempo real; Además, el sistema también puede sugerir la ingesta diaria de CHO, sumando la cantidad de CHO ingerida durante el día.

Para evaluar el sistema, se realizaron 2 estudios en el primero se contó con 50 pacientes a los cuales se les suministró una encuesta antes y 12 semanas después del inicio de la prueba del DID. Los pacientes consideraron que el sistema era fácil de usar y que era de mucha utilidad. El recuento de CHO y el cálculo del bolo de insulina eran las dos funciones más útiles. En el segundo estudio, se contó con 41 pacientes que usaban DID en condiciones de práctica clínica de rutina después de una mediana de 9 meses de seguimiento. DID permitió una reducción no estadísticamente significativa en los niveles de glucosa en sangre en ayunas (FBG), glucosa posprandial (PPG) y niveles de hemoglobina A1c. Los valores de coeficiente de variación (CV) de FBG y PPG se redujeron significativamente: FBG-CV disminuyó en un 6,7% (intervalo de confianza del 95% 11,9, 1,6; P 0,02), mientras que PPG-CV disminuyó en un 11,5% (intervalo de confianza del 95% 19,3, 3,7; P 0,01). Ningún paciente informó episodios graves de hipoglucemia que requirieran intervención médica.

DID puede representar una herramienta útil, segura y fácil de usar para ayudar al paciente con diabetes tipo 1 a promover la libertad alimentaria. El ajuste de las dosis de insulina de acuerdo con la ingesta de CHO permitió la reducción de la variabilidad de la glucosa, cada vez más reconocida como un factor de riesgo importante e independiente para eventos cardiovasculares.

2.3.8. Sistema de apoyo a la decisión clínica para la diabetes basado en el razonamiento ontológico y el análisis TOPSIS

Los pacientes con diabetes mellitus tipo II tienen diferentes fenotipos lo que ocasiona que los resultados clínicos sean diferentes dependiendo el paciente, y en muchas ocasiones resulta difícil establecer una receta para cada paciente. El CDSS Sistema de apoyo a la decisión clínica ayuda a doctores y pacientes a sugerir tratamientos según los síntomas del paciente, el sistema de apoyo se basa en ontología para la organización y representación del conocimiento obtenida del dominio de los expertos (Bau, Chen, & Huang, 2014) (R. C. Chen, Huang, Bau, & Chen, 2012).

Los autores (R.-C. Chen, Jiang, Huang, & Bau, 2017) proponen un sistema que combina lógica difusa y razonamiento ontológico que sirve de base para el sistema de recomendación de medicamentos antidiabéticos para pacientes con DM2. Así también se toma en cuenta la seguridad objetivo de HbA1c, y la prioridad de la medicación antidiabética. Utilizamos los perfiles de medicamentos antidiabéticos, que fueron presentados por la Asociación Americana de Endocrinólogos Clínicos (AACE) y el Colegio Americano de Endocrinología (ACE) (Garber et al., 2016). Se utilizó la Técnica de orden de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS) basada en la medicación antidiabética para calcular la cercanía relativa a la respuesta ideal poder conseguir la clasificación de los medicamentos antidiabéticos.

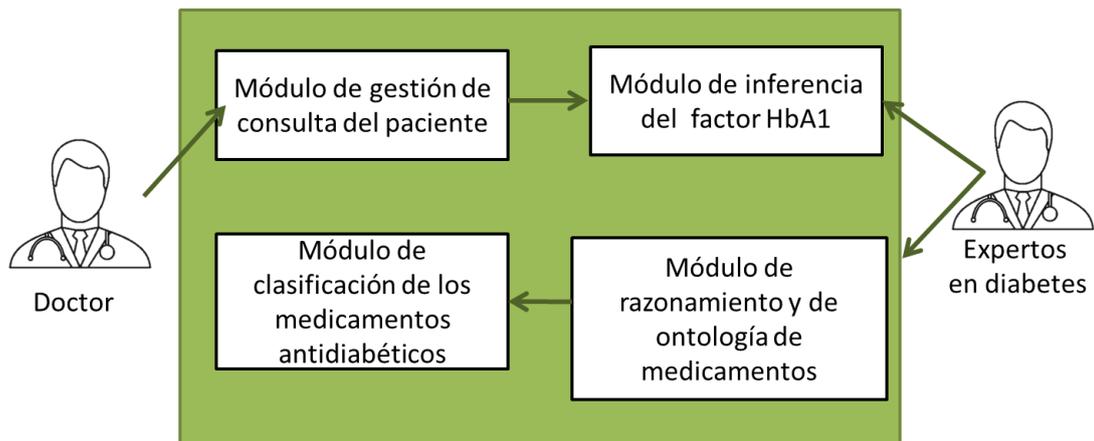


Figura 2-8 Arquitectura del CDSS

El sistema presentado incluye 4 módulos que son: la gestión de consultas con el paciente, la inferencia de HbA1c del paciente, el razonamiento y la ontología del conocimiento y el módulo de clasificación de medicamentos antidiabéticos (Ver Figura 2-8).

El médico ingresa los datos del paciente por medio de una interfaz del "módulo de gestión de consulta del paciente". Luego por medio del "módulo de inferencia del parámetro HbA1c", utilizando tecnología difusa se infiere el HbA1c del paciente. Posteriormente el "módulo de razonamiento y ontología del conocimiento de medicamentos", recomendará medicamentos antidiabéticos para el paciente, para la cual las reglas de razonamiento han sido creadas por los expertos en diabetes. Y, por último, el "módulo de clasificación de medicamentos antidiabéticos", utiliza la tecnología TOPSIS para calcular la cercanía relativa a la solución ideal y así determinar la clasificación de los medicamentos antidiabéticos.

Evaluaron el sistema utilizando una encuesta de 12 preguntas y 5 puntos, con respecto al grado de satisfacción, la utilidad percibida y las intenciones de comportamiento. Los resultados de la evaluación en cuanto al sistema de apoyo a la decisión clínica (CDSS) percibió un 73% de satisfacciones. Los resultados de la recomendación de medicación antidiabética muestran que el sistema tiene un 70% de satisfacción y un 71% tienen intenciones de usarlo.

2.3.9. CBIHCS: Sistema inteligente basado en la nube para brindar atención médica como servicio

Los autores (Kaur & Chana, 2014) proponen una gestión de servicios de atención médica inteligente basados el uso de la computación en la nube, la idea principal es

realizar un monitoreo en tiempo real de los datos de los pacientes y con ellos poder diagnosticar enfermedades. Los datos son recopilados mediante los sensores corporales y luego son almacenados en la nube para su análisis. Así también proponen mecanismos que ofrezcan elasticidad dinámica a nivel de infraestructura.

Este proyecto nació de la necesidad de poder tener almacenados los datos del control de los pacientes por largos periodos de tiempo y aun cuando se han realizados esfuerzos para incluir las TIC en estos procesos, no han sido suficientes (Wu, Wang, & Lin, 2007). Además, es cierto que las estructuras tecnológicas normalmente se limitan a usuarios dependiendo de su ubicación geográfica las infraestructuras de las TIC generalmente se limitan a una base de usuarios limitada dentro de una región geográfica y esto ocasiona aumento en el costo de procesamiento, almacenamiento y requisitos de energía (Fettweis & Zimmermann, 2008). Por este motivo se orientó este proyecto al uso de la Nube por la libertad de poder utilizar estos espacios y no depender de infraestructuras tecnológicas para el almacenamiento de datos. Permite una amplia accesibilidad y proporciona acceso a una gran cantidad de recursos computacionales y de almacenamiento según los requisitos de los usuarios limitados por la infraestructura de los proveedores (Marston, Li, Bandyopadhyay, Zhang, & Ghalsasi, 2011).

Para que un servicio de atención médica sea eficiente, especialmente si está alojado en la nube, el sistema debe proporcionar información precisa y a tiempo, para ello entre sus características debe considerar: Heterogeneidad de los datos, usando herramientas de monitoreo de salud confiables; Tamaño de datos, flexibilidad de almacenamiento de gran cantidad de datos disponible en todo tiempo; Costos de los datos, los datos deben disminuirse por el cambio de estructura tecnológica implementada; Seguridad de datos, considerar un correcto manejo de los datos almacenados ya que son almacenados en un entorno de nube.

El proyecto propone mediante una colección de técnicas de selección de características para identificar a los pacientes que poseen diabetes y establecer mecanismos de adaptación. La técnica de selección de características tiene el potencial de identificar la información más útil de los datos y reducir la dimensionalidad de tal manera que los aspectos más significativos de los datos estén representados por las características seleccionadas (Dash & Liu, 2003). Se utilizan dos técnicas de clasificación, K-Nearest Neighbour (K-NN) y Naïve Bayes (NB) que clasifica a los usuarios como "Diabético" y "No diabético". El resultado de clasificación se evalúa para

la precisión de la clasificación junto con las medidas de sensibilidad y especificidad. Posteriormente, los resultados se envían a pacientes, médicos y paramédicos para su validación final y diagnóstico clínico.

La arquitectura del sistema se basa en dos subsistemas; el subsistema de usuario proporciona a los pacientes un monitoreo personalizado e inteligente de sus parámetros de salud en tiempo real, evitando que los pacientes visiten hospitales para controlar dichos parámetros. Y el subsistema en la nube que consta de un servicio web con una interfaz de usuario que permite a los pacientes enviar sus datos personales, que se almacenan en un repositorio en la nube indexado por identificación del paciente que es generado automáticamente por el servicio web.

El monitoreo y análisis de los datos se realiza en función de las preferencias individuales, es decir, cada hora, después de cada comida o algunos intervalos de tiempo fijos durante el día. El proceso de análisis involucra varios cálculos sobre los datos que consisten en el preprocesamiento de datos, la selección de atributos y la clasificación (Ver Figura 2-9).

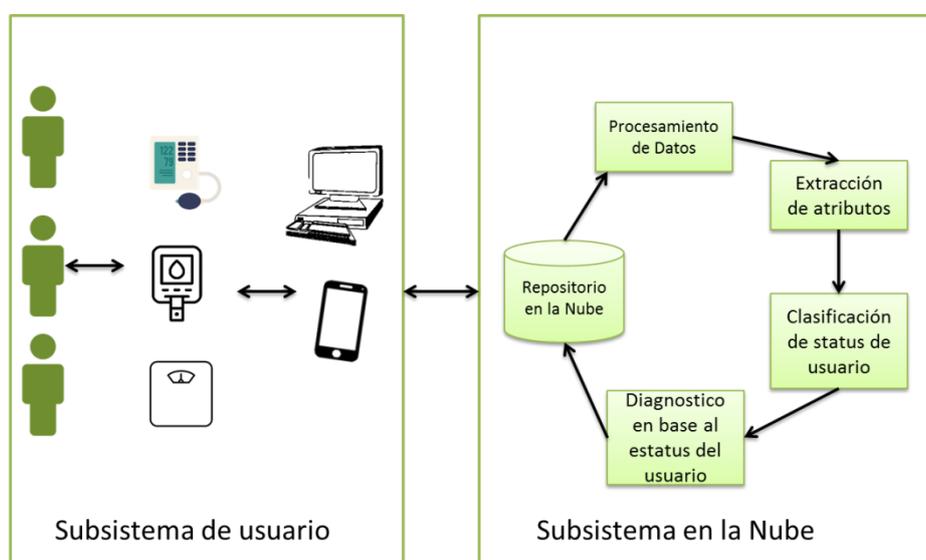


Figura 2-9 Arquitectura CBIHCS

La evaluación del sistema se realizó mediante 2 conjuntos de experimentos, uno para clasificar a los pacientes en diabéticos o no diabéticos y el otro para predecir valores futuros para aprovisionamiento de recursos. La precisión de clasificación de 92.59% se obtiene para K-NN mientras que para NB, la precisión de clasificación es de 85.71%. Además, las medidas de sensibilidad y especificidad de K-NN aseguran un mejor rendimiento de K-NN en comparación con NB.

Fue posible medir la utilización de la CPU de la aplicación para la demanda de los usuarios. Se utilizó Amazon CloudWatch para recopilar muestras de utilización de la CPU.

Los resultados experimentales realizados en Amazon EC2 demuestran claramente la efectividad para garantizar un nivel estable de rendimiento de la aplicación. Una solución de atención médica rentable, accesible a nivel mundial y altamente convergente se puede lograr con el uso del sistema CBIHCS.

2.3.10. Sistema móvil de atención médica personal para pacientes con diabetes

Los autores (Zhou, Yang, Álamo, Wong, & Chang, 2010) proponen un sistema personal de monitoreo de diabetes que integra sensores portátiles, teléfonos móviles 3G, tecnologías de hogares inteligentes y Google Health para facilitar el manejo de enfermedades crónicas como la diabetes, el cual utiliza sensores portátiles y teléfonos celulares 3G para recolectar automáticamente signos de salud, como el nivel de glucosa en la sangre y la presión arterial. Permite a los usuarios, especialmente a las personas mayores con diabetes, registrar los resultados de las pruebas diarias y realizar un seguimiento de los cambios a largo plazo en las condiciones de salud, independientemente de su ubicación. Lo hace sin tener que pedirles a los usuarios que los ingresen manualmente en el sistema. Además, utiliza Google Health para administrar Registros de salud personales (PHR).

La Figura 2-10 muestra la arquitectura del sistema móvil, el cual consta de 3 niveles: El primero corresponde a los sensores portátiles que permiten un control continuo de las personas con diabetes, sus pruebas, medicamentos, dieta y ejercicios. El segundo nivel incluye el teléfono móvil inteligente, el cual recopila, almacena y muestra datos estadísticos provenientes de sensores portátiles, adicionalmente recibirá información de los cuidadores. Y en el tercer nivel se encuentran los servicios web en el hogar inteligente los cuales interactúan entre el teléfono, los subsistemas del hogar inteligente y Google Health. El servicio web en el hogar inteligente envuelve las API de datos de Google Health e interactúa con subsistemas del hogar inteligente. El teléfono inteligente utiliza KSOAP2 para interactuar con el servicio web SOAP. Google Health es un servicio gratuito para que los pacientes mantengan sus registros de salud, así también se utiliza para administrar PHR y facilita el intercambio de información entre pacientes y proveedores.

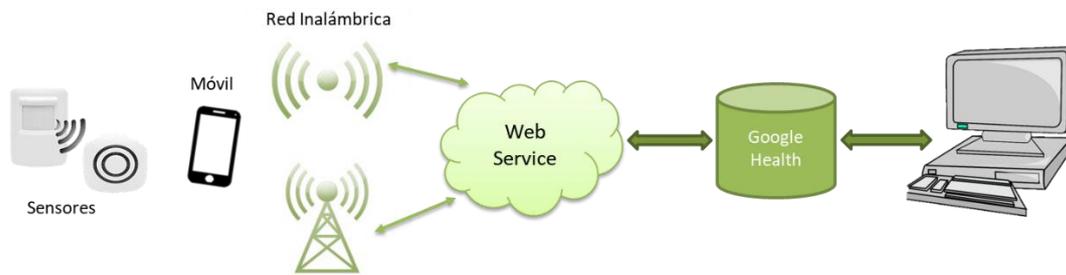


Figura 2-10 Arquitectura Sistema Móvil

La arquitectura de software es desarrollada en la plataforma móvil de Android e integra componentes de software con tecnologías de servicios web. Todos los módulos se implementan utilizando el simulador de desarrollo de Android. La arquitectura de software del sistema móvil de atención médica personal para la diabetes incluye el módulo GUI (interfaz gráfica de usuario), el módulo de interfaz, el módulo de inferencia, el módulo de notificación, la interfaz de operación de base de datos interna Sqlite y la interfaz KSOAP2 con web SOAP servicio en el servidor del hogar.

Este sistema de monitoreo personal de diabetes mejora la seguridad de los medicamentos y los alimentos al poseer las características de los subsistemas existentes en el hogar inteligente y Google Health. El sistema también admite entradas tanto automáticas como manuales de dietas, medicamentos e información sobre ejercicios, por cualquier dato erróneo que pueda cargarse.

Tabla 2-1 Análisis comparativo de los DSS orientados a la Diabetes

Sistemas de Apoyo a la Decisión	Datos Entrada	Datos Salida	Evaluación del Sistema	Técnicas y herramientas	Dominio
PEPPER	Nivel de insulina en la sangre	Recomendación dosis de insulina	No definido	Basado en Conocimiento uso de casos y reglas.	Monitorización de pacientes con diabetes tipo 1
DiabSoft	Nivel de insulina en la sangre	Recomendación de alimentación y de ejercicios.	No definido	Basado en Conocimiento uso de casos y reglas.	Paciente con diabetes mellitus
Dialbetics	Nivel de glucosa Datos de dieta Datos de ejercicios	Recomendación de alimentación y de ejercicios Nuevo estilo de vida	Un grupo de 54 pacientes fueron evaluados para probar la eficiencia del sistema	Basado en Conocimiento uso de casos y reglas.	Seguimiento de pacientes con diabetes
LDA-ANFIS	Conjunto de datos de diabetes	Diagnóstico de la enfermedad positivo o negativo	Un grupo de mujeres indígenas del pueblo Pima de al menos 21 años de edad	Conocimiento Basado en reglas y algoritmos de aprendizaje de redes neuronales	Identificación de la diabetes
T-IDDM	Datos del paciente por medio del reflectómetro	Recomendaciones de ajustes de dosis de insulina	12 Pacientes para probar la generación de consejos terapéuticos con datos reales del paciente y compararlos con los consejos de los diabetólogos.	Oracle RBDMS Lenguaje C Common Lisp	Monitorización de pacientes con diabetes tipo 1
Sistema Inteligente móvil para el cuidado	Niveles de glucosa en sangre Presión arterial	Envía alertas de carga de glucosa al sistema.	Evaluación con envío de 20 mensajes cortos de alerta	Tecnología de servicios web XML	Paciente con diabetes mellitus

de la diabetes con mecanismos de alertas	Datos de ECG Registro para consultas médicas	Notificación al paciente para una consulta. Ofrece la función de mapa electrónico para sugerir rutas MRT y de autobús Envía alertas para notificarle que ingrese a cita médica	urgente para determinar la confiabilidad y rendimiento del sistema	J2ME para la programación móvil	
DID	Niveles de glucosa en sangre y cuantificar la ingesta total de CHO	Recomendación del bolo de insulina a aplicar	Primer estudio 50 pacientes Segundo estudio 41 pacientes	N/A	Paciente con diabetes tipo I
Sistema de apoyo a la decisión clínica para la diabetes basado en el razonamiento ontológico y el análisis TOPSIS	Datos del paciente Niveles de glucosa en sangre	Recomendaciones de medicamentos antidiabéticos	La evaluación el sistema se hizo utilizando una encuesta de 12 preguntas y 5 puntos, con respecto al grado de satisfacción, la utilidad percibida	Jena-Java Framework Protégé y Web Protégé	Paciente con diabetes Mellitus tipo II

CBIHCS	Datos del paciente Parámetros de salud	Diagnóstico "diabético" o "no diabético" Mecanismos de adaptación	Prueba con 80 usuarios	Algoritmos K-Nearest Neighbour y Naïve Bayes	Paciente con diabetes Mellitus tipo II
Sistema móvil de atención médica	Signos de salud Nivel de glucosa en la sangre Presión arterial Registrar los resultados de las pruebas diarias	N/A	Actualización de medicamentos Recomendaciones de dietas y ejercicios	Android BD Sqlite Ksoap2	Paciente con diabetes

Los sistemas de soporte a la decisión orientados a la diabetes que han sido estudiados en este capítulo (ver Tabla 2-1) permiten el control y seguimiento de los pacientes que sufren de diabetes, cada uno de ellos permite el ingreso de datos del paciente principalmente el nivel de glucosa en la sangre y a partir de éste y otros datos, estos sistemas generan recomendaciones, alertas, guías de alimentación entre otras funciones que de una u otra manera soportan y ayudan al seguimiento de la enfermedad.

Los sistemas presentados están orientados a tratar la enfermedad de diabetes tipo I y II, han existidos varios esfuerzos de los autores de diferentes partes del mundo cuya finalidad ha sido dar ayuda al paciente afín de que su enfermedad sea controlada por medio de dispositivos móviles que emitan alertas y recordatorios de aplicación de medicamentos o recomendaciones de rutinas de ejercicios o de alimentación que permitan llevar un mejor estilo de vida.

Se ha determinado el conjunto de dispositivos que normalmente pueden ser utilizados para la captura de datos sea de forma manual o automáticas para el registro de glucosa, presión arterial, pulso, suministro de insulina. Del análisis individualizado se obtiene que existe diferencia entre el tratamiento con insulina entre la Diabetes tipo I y tipo II, pues existen mecanismos de suministro de insulina (Bomba de insulina), desarrollados especialmente para la diabetes tipo I, puesto que no en todos los casos de la diabetes tipo II, es necesario la inyección de insulina que es aplicada en etapas más avanzadas de la enfermedad.

Un aspecto técnico a considerar que es evidente, pero no menos importante, es que todas las arquitecturas son multiplataforma pues se adaptan a diferentes sistemas operativos, navegadores web, con interfaces de presentación muy fáciles de usar por los pacientes. Por otro lado, el uso de la nube es uno de los mecanismos de almacenamiento, más utilizados en las aplicaciones recientemente diseñadas, dado que proporciona información precisa y a tiempo facilitando la portabilidad del historial clínico de los pacientes. Un aspecto importante a considerar es la sincronización de los datos, ya que si bien es cierto estas aplicaciones dependen de un adecuado sistema de comunicación, la falta de comunicación puede afectar el registro de datos, pocas aplicaciones precisan sí disponen de una base de datos local para que puedan realizar sus registros y posteriormente sea sincronizada en la nube en caso de falla en la comunicación.

Dentro de la clasificación de los Sistemas de Soporte para las Decisiones Clínicas tenemos que la mayoría de los sistemas estudiados están basados en conocimiento dentro de los cuales algunos están basados en reglas y otros basados en casos, sin embargo, encontramos otros sistemas no basados en conocimiento que utilizan técnicas de clasificación supervisada tales como k vecinos más próximos y Naive Bayes.

Las diversas herramientas tecnológicas y metodologías utilizadas por los sistemas analizados en la Tabla 2-1, han permitido conseguir los fines requeridos. Para la realización del sistema propuesto en la presente tesis doctoral se han analizado a detalle las características de cada uno y para crearlo se han incorporado parámetros adicionales, no considerados en ninguno de los sistemas presentados como: el cálculo del IMC en función de su peso, el ingreso de la presión arterial, y como parámetro importante se ha considerado el estado del ánimo de los pacientes para de esta forma evaluar si éste influye en el seguimiento adecuado del tratamiento del paciente.

2.4. Aplicaciones móviles para la gestión de la diabetes

Los dispositivos tecnológicos, como teléfonos celulares o tabletas pueden ser de mucha utilidad para los pacientes que padecen diabetes. Esto va más allá de la forma en que se ha estado trabajando hasta ahora, los métodos tradicionales de control (charlas, horarios de alimentación pegados en la puerta del refrigerador contenedores para poner pastillas, entre otros) requieren una actualización urgente que involucre al paciente en el proceso (Tran, Tran, & White, 2012). La nueva tendencia tecnológica de estos requisitos se llama m-health, que consiste en el uso de dispositivos móviles para involucrar al paciente en el proceso de la salud (P. Zheng & Ni, 2006). Este enfoque no es común, pero debe ser socializado con la población con el fin de contribuir de manera significativa al tratamiento y control de la diabetes. Estudios internacionales demuestran que, dado el potencial de la comunicación en tiempo real proporcionada por las aplicaciones, los pacientes y quienes cuidan de ellos pueden estar al tanto de la evolución, y participar de la toma de decisiones por la rápida comunicación entre los involucrados (Martín, Fernández, & Yurrita, 2014). Las preguntas ahora son las siguientes: ¿Cuán efectivas podrían ser las aplicaciones mHealth actualmente disponibles en los playstores o AppStores? ¿Hay algún dispositivo además de los teléfonos móviles que ofrezca un servicio similar o mejora a los pacientes que lo usan? Si es así, ¿cuáles aplicaciones deben ser recomendados para los pacientes diabéticos y por qué?

Con el fin de garantizar la exactitud de las aplicaciones a ser estudiadas se remitió a los resultados obtenidos en estudios similares anteriores (Rosser & Eccleston, 2011). El objetivo era encontrar y analizar todas las aplicaciones existentes para la diabetes en las tiendas oficiales para Android e IOS accesibles a los pacientes o usuarios ingresando los siguientes términos: diabetes, glucosa, azúcar e insulina ver Figura 2-11. Se realizó dicha búsqueda en la tienda de aplicaciones IOS. Como resultado, 230 aplicaciones aparecieron después de escribir las expresiones anteriormente mencionadas. De las 230, 6 aplicaciones no fueron consideradas en esta investigación debido a la falta de cumplimiento de las funciones propuestas. De hecho, se consideraron las malas calificaciones y comentarios negativos de los usuarios que las habían descargado antes. El mismo proceso se realizó antes en la búsqueda en Play Store (Android). Usando las mismas palabras clave, aparecieron 224 aplicaciones. Se encontró que 8 aplicaciones no cumplían con su función específica y también tenían comentarios negativos de los usuarios. Tanto desde el Apps Store y Play Store, se estudiaron un total de 440 aplicaciones relacionadas con la diabetes desde el monitoreo y el control de la glucosa en sangre; diarios de entradas para el control de la diabetes; planes de alimentación y recetas para mantener tanto el azúcar en niveles normales, así como la energía requerida, además de revistas e información acerca de la enfermedad; control de peso; rutinas de ejercicio; medidor de glucosa; libros de cocina, etc. fueron seleccionados.

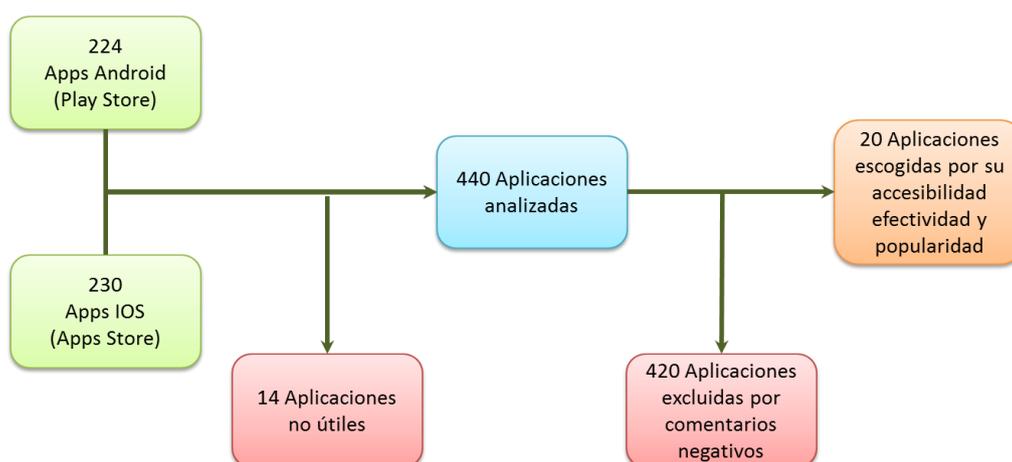


Figura 2-11 Análisis y selección de aplicaciones móviles

2.4.1. Clasificación de las aplicaciones móviles para la diabetes

Este estudio clasifica las aplicaciones principalmente en seis categorías que se describen a continuación.

2.4.1.1. Tratamiento médico para la diabetes

Esta categoría promueve una efectiva autogestión de la salud para pacientes con diabetes tipo 2, estableciendo una comunicación en dos vías paciente – médico y viceversa, para un mejor control del promedio de glucosa en la sangre. La apps WellDoc Diabetes Manager ("Estrella Azul") es una de las aplicaciones que cumple efectivamente esta funcionalidad habiendo obtenido la aprobación de la FDA para su uso en el tratamiento médico de la diabetes tipo 2 en adultos (Dolan, 2010) El sistema WellDoc es una apps que realiza un seguimiento de la enfermedad permitiendo el ingreso de los niveles de azúcar en la sangre identificando patrones de glucosa, ofreciendo una respuesta en línea mediante el acceso a una base de dato clínica que sirve como "guía" a quienes viven con diabetes. Además, esta aplicación puede compartir datos directamente con el equipo de atención a los pacientes (J. Lee, 2014).

2.4.1.2. Aplicaciones de seguimiento que muestran información sobre la salud

Aquí se tienen las aplicaciones que permiten generar reportes y graficas de niveles de glucosa en la sangre, dosis de insulina, carbohidratos, peso, actividad física, existen unas pocas aplicaciones que pueden capturar directamente los datos de los niveles de glucosa mediante un dispositivo externo que transmite los resultados de la medición al móvil, así funciona el sistema Glooko, y la apps MySugar que es una aplicación para el uso diario que transmite vía bluetooth las capturas del dispositivo al celular, estas aplicaciones han sido aprobadas por la FDA. Sin embargo, en su gran mayoría las demás apps requieren un registro de forma manual de los parámetros lo cual causa en ciertos casos que el usuario se desanime al uso de estas herramientas.

2.4.1.3. Aplicaciones para la enseñanza y / o la formación

La adherencia al tratamiento de una enfermedad crónica requiere que el paciente tenga a la mano información relacionada con el tratamiento de la misma. Aproximadamente el 22% de las apps ofrecen formación y enseñanza respecto a la diabetes. Por ejemplo, algunas aplicaciones enseñan los principios de conteo de

carbohidratos utilizando gráficos y juegos interactivos, otras apps son calculadoras de dosis de insulina, que realizan recomendaciones de dosis de esta hormona sobre la base de un valor de glucosa en sangre referencial, la proporción de carbohidratos, el actual nivel de azúcar en la sangre y los hidratos de carbono antes de ingerir un alimento en particular. Estas aplicaciones de seguimiento también ofrecen formación a los pacientes acerca del suministro de medicamentos (J. Lee, 2014).

2.4.1.4. Bases de datos referencia alimentaria

La alimentación del paciente con diabetes es un factor importante en el control de la enfermedad, es básico disponer de una base de datos de información nutricional, diseñada por médicos y especialistas en nutrición, en esta categoría se estima que el 8% de las aplicaciones tienen que ver con bases de datos referenciales de carbohidratos de conteo de alimentos. Otro 5% contiene recetas para los usuarios con diabetes. Algunas aplicaciones combinan guías para el recuento de hidratos de carbono como herramientas de seguimiento (J. Lee, 2014).

2.4.1.5. Redes Sociales /Foros / blogs

Esta categoría permite una socialización de los pacientes que padecen diabetes, lo que conlleva un rol importante en los aspectos psicológicos del individuo, se calcula que para esta categoría el 5% de las aplicaciones explotan las redes, foros o blogs sociales que tienen como objetivo conectar a las personas con diabetes para que puedan compartir información y experiencias (J. Lee, 2014).

2.4.1.6. Aplicaciones para los médicos

Este grupo permite a los médicos realizar un seguimiento y monitoreo de los pacientes con diabetes mediante el análisis de estadísticas, reportes y toda la información de mayor importancia para el especialista de salud.

Aunque la mayoría de las aplicaciones se han diseñado para las personas con diabetes, se considera que el 8% son dirigidas para el medico como una herramienta para proporcionar información al especialista. Otras aplicaciones que se han diseñado son revistas para la diabetes, y acceso electrónico a los artículos (J. Lee, 2014).

Aquí tenemos algunas clasificación de las características de las aplicaciones móviles para la autogestión de la diabetes (P. Zheng & Ni, 2006).

2.4.2. Comparativo de aplicaciones

Finalmente fueron elegidas 20 aplicaciones como las propuestas para los usuarios diabéticos: 10 para el sistema operativo Android y 10 para el sistema operativo IOS teniendo en cuenta los siguientes parámetros: la accesibilidad que incluye, la versión y el precio, la aceptación que involucra el número de descargas y el nivel de popularidad y finalmente el último año de actualización, tal como se muestra en la Tabla 2-2 y Tabla 2-3.

De acuerdo a la información de la Tabla 2-2, se observa que la app para Android, con un mayor número de descargas es la app mysugar con 1000000+, así también se encuentra entre las mejores calificadas con una puntuación de 4.6/5.0, sin embargo, no es gratuita, ya que su uso tiene un costo que varía entre (\$0.75 - \$34.51) a pesar de aquello no es la de mayor costo, posición que ocupa la app Diabetes:M con precios que oscilan entre \$3.81- \$67.81. Entre las aplicaciones gratuitas la que tiene un mayor número de descargas, así como una mejor calificación es la app BeatO. Un factor importante a considerar es que el proveedor de la app, mantenga actualizada su aplicación, en este caso observamos que 8 de las 10 han realizado una mejora a la misma en el año que se realizó este estudio.

Tabla 2-2 Aplicaciones móviles para Android

	Accesibilidad		Aceptación		Actualización
	Version Android	Precio	Cantidad de descargas	Clasificación	Año
BeatO	4.03 +	Sin costo	50.000+	4.7	Feb-2018
Diabetes: M	4.0.3 +	\$3.81- \$67.81	100.000+	4.6	Feb-2018
Diabetes & Diet Tracker	4.0+	\$ 13.55	1000+	4.6	Mar 2018
Medisafe Medicina Recordatorio	4.0+	\$3.69 – \$54.24	100.000+	4.6	Mar 2018
mySugar	4.4+	\$0.75 - \$34.51	1000.000+	4.6	Mar 2018
Diabetes Connect	4.0 +	\$0.62 – \$29.58	100.000+	4.5	Oct -2017
Social Diabetes	4.4+	\$12.27-18.50	100.000+	4.4	Mar 2018
Glucosio	4.1+	Sin costo	10.000+	4.2	Jun 2017

MyDiabeticAlert	4.03 +	Sin costo	10.000+	4.1	Mar-2018
Glooko	4.3+	Sin costo	50.000+	4.0	Feb 2018

Para el caso de las apps para IOS, no es posible determinar el número de descargas, dado que el proveedor no tiene esta información disponible. Realizando un breve análisis de la información de la Tabla 2-3, tenemos que la app mejor calificada es Glucose Buddy Diabetes Tracker con 4.8/5, esta aplicación es gratuita y tiene una actualización reciente. Por otro lado, my sugar tiene una calificación un poco menor 4.6 pero tiene un costo asociado a su utilización.

Tabla 2-3 Aplicaciones móviles para IOS

	Accesibilidad		Aceptación		Actualización
	Versión IOS	Precio	Cantidad de descargas	Clasificación	Año
Glucose Buddy Diabetes Tracker	iOS 9.0 +	Sin costo	No disponible	4.8	2018
Glucose - Blood Sugar Tracker	iOS 10.1 +	Sin costo	No disponible	4.7	2018
Sugar Sense Diabetes App	iOS 9.0 +	Sin costo	No disponible	4.6	2018
mySugar: Diabetes Tracker Log	iOS 10.3 +	\$3.69-\$34.51	No disponible	4.6	2018
Diabetes: M	iOS 9.0 +	\$6.15	No disponible	4.6	2018
Glucose Companion	iOS 9.0 +	Sin costo	No disponible	4.4	2017
SocialDiebetes	iOS 9.3 +	Sin costo	No disponible	4.0	2018
Diabetes Pharma	iOS 8.0 +	\$2.82	No disponible	No disponible	2016
iHealth Gluco-Smart	iOS 8.0 +	Sin costo	No disponible	No disponible	2018

BlueStar Diabetes	iOS 9.0 +	Sin costo	No disponible	No disponible	2018
----------------------	-----------	-----------	------------------	------------------	------

En la Tabla 2-4, se describen las principales funciones y características, relacionadas con el dominio de la diabetes que fueron analizadas en cada una de las aplicaciones móviles seleccionadas en las Tabla 2-2 y Tabla 2-3

Tabla 2-4 Funciones analizadas en las aplicaciones móviles

	Función	Característica
1	Registra niveles de glucosa	Permite registrar diariamente de los niveles de glucosa en la sangre.
2	Envía reporte a médico y/o familiares	Permite emitir reporte de los resultados obtenidos al médico o familiares que están al tanto del tratamiento, luego ingresar los datos.
3	Análisis gráficos estadísticos	Permite visualizar gráficos en función de los datos obtenidos
4	Recordatorio de tomas de medicamentos	Permite que el dispositivo móvil envíe un recordatorio para el control de la toma de los medicamentos establecido por el doctor.
5	Registro de peso corporal	Permite registrar diariamente el peso corporal.
6	Registro de actividad física y/o entrenamiento	Permite registrar diariamente la actividad física realizada y el tiempo de entrenamientos completados.
7	Sincronizar datos	Permite la sincronización de datos con otros dispositivos.
8	Guarda datos en la nube	Permite el almacenamiento de la información ingresada por los usuarios directamente a la nube de forma que pueda ser recuperada en cualquier lugar.
9	Registro de carbohidratos y/o colesterol	Permite realizar un monitoreo de los niveles de colesterol y registra el consumo de carbohidratos a partir de una dieta establecida.
10	Integración con redes sociales	Permite establecer conexión con redes sociales (Facebook, twitter) con el fin de invitar amigos

		o enviar mensajes con avances de sus tratamientos.
11	Registra niveles y/o cálculos de insulina	Permite el control y monitoreo de los niveles de insulina y/ o calcula la dosis de insulina que le corresponde según su tratamiento.
12	Compatible con dispositivos externos	Permite la compatibilidad con una amplia variedad de interfaces, otras aplicaciones de salud y dispositivos médicos externos.
13	Base de datos de alimentos	Incorpora una base de datos de alimentos para registrar el consumo de carbohidratos diarios.
14	Control de alarma para tratamiento	Permite recibir recordatorios para probar o tomar su insulina u otros medicamentos, o por cualquier otra acción que desea que le recuerden.
15	Recomendaciones de salud	Proporciona recomendaciones sobre la salud preventiva para cada uno de los pacientes, controles nutricionales e información general de la enfermedad tratada.
16	Recomendación de medicamentos	Recomienda medicamentos en referencia a una base de datos del fabricante, dosis a consumir, ventajas y/o desventajas de cada una.
17	Registra información de presión arterial	Permite el monitoreo constante de los niveles de la presión arterial.

En la Tabla 2-5 y Tabla 2-6, se muestra el análisis de las características de aplicaciones Android e IOS. Como se puede ver de acuerdo a la categoría de las aplicaciones unas tienen mayores funcionalidades que otras, para el caso de aplicaciones Android, la aplicación mySugar posee el mayor número de características 15 de las 17 estudiadas, solo no dispone de la integración con redes sociales y recomendación de medicamentos, por otro lado, la app BeatO es la que tiene el menor número de funciones pues solo dispone de 4 de las 17 estudiadas. Social Diabetes se sitúa en el segundo lugar de mayor cantidad de características con 13 de las 17 características, coincidentemente ni MySugar, ni Social Diabetes permiten recomendación de medicamentos, siendo la única que ofrece dicha característica la app Medisafe. Todas las apps de la Tabla 2-2 permiten registrar el nivel de glucosa a

excepción de Diabetes & Diet y Medisafe Medicina. Por otro lado, tenemos que Beta0, Diabetes & Meat y Glucosio son las únicas que no permiten enviar reporte a médicos y familiares. De acuerdo a lo revisado no disponen de la función de gráficos estadísticos la app Beat0, Social Diabetes, MyDiabeticAlert ni Gloko. Se puede evidenciar que una de las características más generales que poseen estas apps es decir, 8 de las 10, es el monitoreo de los niveles de colesterol y registro del consumo de carbohidratos a partir de una dieta establecida, y una característica menos general la posee solo una app que es la recomendación de medicamentos la cual como se expuso previamente solo la tiene Medisafe Medicina.

Tabla 2-5 Análisis de las funcionalidades en aplicaciones Android seleccionadas

Android App	Características																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Beat0	✓					✓			✓				✓				
Diabetes: M	✓	✓	✓		✓				✓		✓	✓					✓
Diabetes & Diet Tracker			✓		✓			✓	✓		✓		✓				
Medisafe Medicina Recordatorio		✓	✓	✓				✓				✓				✓	
mySugar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓
Diabetes Connect	✓	✓	✓		✓				✓	✓							✓
Social Diabetes	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Glucosio	✓		✓		✓	✓			✓		✓				✓		✓
MyDiabeticAlert	✓	✓		✓	✓	✓						✓	✓	✓			✓
Glooko	✓	✓				✓	✓		✓			✓	✓				

Para el caso de IOS se ha determinado que Glucose Buddy Diabetes Tracker posee el mayor número de características 15 de 17, pues no dispone de integración con las redes sociales, ni de recomendación de medicamentos. Las apps con menor número de características son Sugar Sense Diabetes App y Diabetes Pharma solo poseen 5 de 17. En relación a las características generales todas miden el nivel de glucosa y entre la característica menos común tenemos el registro de presión arterial que solo poseen Glucose Buddy Diabetes Tracker y Diabetes:M

Tabla 2-6 Análisis de las funcionalidades en aplicaciones IOS seleccionadas

IOS App	Características																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Glucose Buddy Diabetes Tracker	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓
Glucose - Blood Sugar Tracker	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			
Sugar Sense Diabetes App	✓	✓	✓		✓	✓											
mySugr: Diabetes Tracker Log	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		
Diabetes: M	✓	✓	✓		✓				✓		✓	✓					✓
Glucose Companion	✓	✓			✓			✓	✓		✓	✓	✓	✓			
SocialDiabetes	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Diabetes Pharma	✓				✓	✓				✓	✓						
iHealth Gluco- Smart	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓							✓	
BlueStar Diabetes	✓				✓	✓				✓	✓					✓	

Los resultados de este trabajo muestran la disponibilidad y la eficiencia de las apps móviles para el control y tratamiento de la diabetes, así como la necesidad que tienen las personas de su uso, no obstante , aún deben realizarse mejoras en las aplicaciones para que permitan una solución integral en la atención de esta problemática, para lo cual se deben definir nuevos modelos orientados a la gestión del conocimiento que garanticen una mayor efectividad y eficacia en el tratamiento de esta enfermedad.

2.5. Objetivos de la tesis doctoral

2.5.1. Motivación

Las necesidades de salud en las comunidades actuales están cambiando y por consiguiente la capacidad y las competencias de los equipos del cuidado de la salud también tienen que cambiar. Uno de los componentes claves para la mejora de la salud es el concepto de auto-gestión, particularmente para la prevención y gestión óptima de enfermedades.

Hoy en día, las enfermedades crónicas son cada vez más comunes debido a diversos factores, como pueden ser el estilo de vida vertiginoso de algunas ciudades, una pobre alimentación, el cuidado personal y factores medioambientales que prevalecen en los últimos años. Por ejemplo, en años recientes la incidencia de la diabetes en la población ha ido en aumento de forma alarmante. La diabetes es una enfermedad que no mata por sí misma, pero detona otros problemas de salud que afectan la calidad de vida del enfermo, y en determinados casos provocan una muerte prematura. Las personas con diabetes son muy propensas a desarrollar complicaciones, especialmente si no tienen un tratamiento adecuado de su enfermedad. Dentro de las complicaciones crónicas más comunes en los diabéticos son la retinopatía, la nefropatía y el pie diabético. El costo financiero que emplea el sector salud para controlar dichas complicaciones es muy alto, principalmente en el caso del manejo de nefropatía diabética. Las complicaciones de la diabetes generalmente se presentan de forma asintomática, es decir, el paciente no siente dolor, malestar o síntoma que lo percate de la presencia de la enfermedad incluso en etapas avanzadas cuando el riesgo de insuficiencia, ceguera o amputación es mayor y las opciones de tratamiento ofrecen pocas garantías en mejorar la calidad de vida del paciente. Por otra parte, la gran mayoría de los estudios formales reportados en la literatura se centran en el análisis estadístico de la presencia de la enfermedad y las complicaciones que de ella derivan, como son la gestión de tratamientos de largo plazo, la necesidad de unidades médicas especializadas, los costos de hospitalización y el aumento de pensiones por incapacidad entre otros. Sin embargo, en el área de la salud existe una gran cantidad de información relacionada con las enfermedades, la cual se puede aprovechar para ofrecer mejores resultados en los pacientes mediante la prevención y monitorización en los tratamientos de las enfermedades crónicas degenerativas. Este es solamente uno de los escenarios que se pretenden abordar, debido a que el presente proyecto está enfocado a diversas

enfermedades como la diabetes y la obesidad que representan algunos de los grandes padecimientos de la población mundial y en especial en Ecuador, actualmente.

Este proyecto pretende proporcionar herramientas para mejorar la auto-gestión de la salud por parte de los pacientes con diabetes tipo II. Así, tanto pacientes como centros médicos y hospitales podrán ahorrar costes y molestias en la prevención, monitorización y cuidado de esta enfermedad. Más concretamente, se construirán herramientas para la monitorización de distintos parámetros vitales, físicos y mentales como también las actividades físicas y mentales. Por otro lado, se podrán generar recomendaciones específicas al paciente. Además, esta plataforma permitirá definir los objetivos y acciones correspondientes para cumplir las recomendaciones realizadas.

2.5.2. Objetivos

Desarrollar una plataforma global inteligente y colaborativa utilizando información que proporcione el paciente y otra información que provenga de distintas fuentes para la mejora de los procesos de prevención, monitorización, diagnóstico y tratamiento en la auto-gestión de la salud en enfermedades como la diabetes. Para conseguir este objetivo se han trazado las siguientes tareas:

- Obtención de un modelo basado en reglas para la representación del conocimiento del dominio de la diabetes.
- Obtención de un sistema para la monitorización de distintos parámetros vitales, físicos y mentales.
- Obtención de un sistema para la recomendación específica al paciente basado en tecnologías del conocimiento.
- Obtención de un sistema para el seguimiento de tratamientos y recomendaciones de salud.
- Obtención de una plataforma integral móvil para la prevención, monitorización y tratamiento de enfermedades basada en la autogestión de la salud

2.5.3. Metodología

La metodología utilizada en este trabajo básicamente se compone de 3 fases: la primera fase consta del estudio del estado del arte, la segunda fase comprende el diseño de la aplicación inteligente para el monitoreo y seguimiento de la diabetes basada en un modelo de reglas, y la tercera fase consiste en la validación de la propuesta.

- **Estudio del estado del arte:** Análisis de los conceptos y terminología de las tecnologías de la información en el ámbito de la salud. Estudio de arquitecturas existentes de los sistemas inteligentes para la autogestión de la salud para el tratamiento de la diabetes. Adicionalmente se presenta un análisis de las principales aplicaciones móviles para la autogestión de la salud, en la que se identifican las características principales de las aplicaciones móviles para la diabetes.
- **Diseño de la aplicación inteligente para la monitorización y seguimiento de la diabetes basada en un modelo de reglas:** Se diseñó, una aplicación web y móvil utilizando reglas de inferencia, basadas en el conocimiento y dominio de los expertos quienes, con sus experiencias y conocimientos, apoyaron a determinar las especificaciones, reglas y recomendaciones que engloba el tratamiento y control de la diabetes.
- **Validación de la propuesta:** con la intervención de pacientes y expertos en el dominio de la diabetes, se procedió a realizar pruebas constantes del sistema de autogestión, en función de los principales indicadores de salud tales como niveles de glucemia, presión arterial, sobrepeso, entre otros, se pudo evaluar la evolución del paciente antes y después del uso de la aplicación de autogestión y finalmente se evaluó la adaptabilidad de pacientes y médicos en el uso de la herramienta.

Capítulo 3 MediControl: Sistema para autogestión de la salud para la diabetes

El sistema propuesto en esta tesis doctoral tiene como objetivo desarrollar y utilizar un sistema de autogestión personalizado para contribuir al autocontrol de la diabetes y padecimientos derivados, el criterio de profesionales de la salud ha sido imprescindible para identificar los principales factores detonantes y de riesgo de esta enfermedad. Para el efecto se ha diseñado una arquitectura que permita una interrelación eficiente entre las aplicaciones web y móviles, con una alta prestación y disponibilidad en el servicio y en el acceso a los datos, no obstante, la adaptación a diferentes plataformas de sistemas operativos y dispositivos existentes en el mercado hacen de MediControl una herramienta efectiva en el acompañamiento de los pacientes. Para la recolección de datos se usarán aplicaciones web y móviles que capturaran los principales parámetros del paciente diabético como son glucosa, presión arterial, peso, y otros indicadores intervinientes que pueden complicar el estado de salud del mismo, como por ejemplo tomar en consideración el estado ánimo que acuerdo a estudios médicos es un factor influyente en una mejor adherencia al tratamiento de los pacientes con enfermedades crónicas, para esto se ha implementado una opción de estado de ánimo con la finalidad de analizar en base a estadísticas cómo puede afectar esta condición en el seguimiento del tratamiento.

Como apoyo al tratamiento del paciente diabético, también se han diseñado base de datos de medicamentos, dietas, rutinas de ejercicios que contribuirán a orientar al paciente a una mejor condición de su salud, para lograr este objetivo se ha previsto un módulo de monitorización para realizar un seguimiento de los principales indicadores que pueden afectar los parámetros de salud más sensibles, generando alertas tanto al especialista de salud como al paciente, ya que de acuerdo a (Haas et al., 2012) el uso de las TIC es factible para apoyar la autogestión en condiciones crónicas dentro del hogar y en los entornos de la comunidad local.

3.1. Arquitectura del sistema

La arquitectura de este sistema proporciona una plataforma de colaboración inteligente para la autogestión de la salud, específicamente, para el control y monitoreo de enfermedades crónicas como la diabetes mellitus y la hipertensión. Las especificaciones funcionales de esta plataforma, llamado MediControl, se obtuvieron del conocimiento de un grupo de profesionales de la salud y pacientes de diabetes

mellitus. Además, un grupo de pacientes con estas enfermedades fueron parte en el proceso de diseño de la plataforma. Para el desarrollo de software se utilizó la metodología ágil SCRUM por proporcionar soporte para el desarrollo de sistemas de software donde las condiciones de demanda y las modificaciones cambian constantemente, como es el caso de esta plataforma de autogestión de la salud que puede ser dinámica y adaptarse a nuevos entornos en el ámbito de la salud.

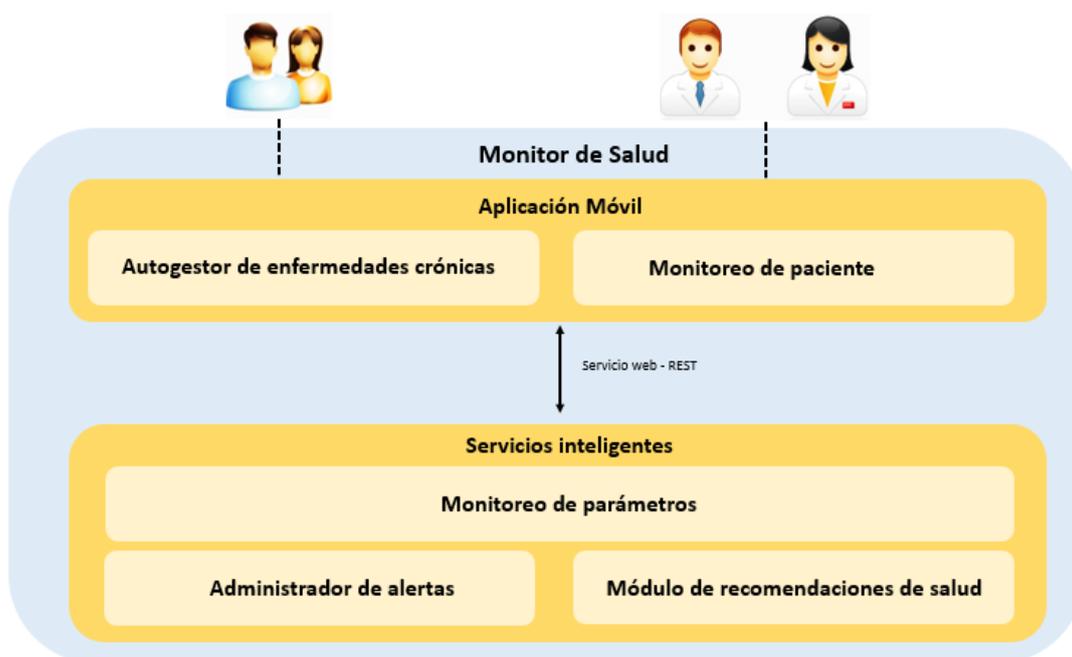


Figura 3-1 Arquitectura de Sistema propuesto

La arquitectura funcional se muestra en la Figura 3-1 Arquitectura de Sistema propuesto, la cual representa un esquema cliente-servidor, modelo aplicado cuando las diferentes tareas de procesamiento se distribuyen entre los servicios de proveedores y los clientes, se ha establecido la comunicación entre el servidor y el cliente a través de servicios web basados en REST.

La plataforma en general está dividida en dos módulos principales: una aplicación móvil y el módulo de inteligencia de servicios para la autogestión de la salud. La aplicación móvil consiste en un conjunto de interfaces gráficas para que los pacientes pueden ingresar información sobre parámetros de salud (p. ej., peso, presión arterial, frecuencia cardíaca, glucosa y colesterol) con frecuencia diaria, además de actividades físicas, ingestas de alimentos, ingestas de insulina, así como su estado de ánimo. El segundo módulo abarca todas las funcionalidades relacionadas con la autogestión de la salud que permita dar recomendaciones y realizar un seguimiento a

los pacientes en aspectos relevantes de salud como la alimentación, medicamentos, actividad física, y estado de ánimo, toda esta información puede ser consultada por profesionales de la salud para evaluar el estado de salud actual de sus pacientes.

A continuación, se explican los distintos módulos en detalle comenzando por el módulo de inteligencia se servicios para autogestión de salud y continuando con el módulo de la aplicación móvil.

3.1.1. Servicios inteligentes para la autogestión de la salud

Este módulo contempla tres sub-módulos: Monitoreo de parámetros para la autogestión, Gestión de Alertas, Recomendaciones de Salud cumpliendo cada uno de ellos una función importante para la recolección de datos, monitoreo de paciente y alertas tempranas de los principales indicadores en el tratamiento de la diabetes.

La integración de estos tres sub módulos permite una visión general del paciente ya que se utilizan datos que son capturados manualmente, en otros casos se utilizan sensores del dispositivo móvil como es el caso de frecuencia cardiaca que utiliza el sensor de la cámara.

El modulo dispone de manera general de acceso a través de autenticación de usuarios y médicos, así como registro de pacientes que permite crear un perfil individual de cada persona, para la individualización de parámetros de control por paciente, así como la consolidación grupal para el manejo de estadísticas que permita evaluar tendencias positivas y negativas en el tratamiento.

3.1.1.1. Monitoreo de parámetros

El diseño y desarrollo de MediControl involucró a profesionales de la salud con amplia experiencia en el tratamiento de personas con diabetes mellitus e hipertensión. La participación de estos profesionales tuvo como objetivo determinar con efectividad todos aquellos parámetros que deben ser recolectados y medidos a lo largo de los tratamientos correspondientes a las diferentes enfermedades crónicas a las que se enfoca esta plataforma. Al final de un proceso iterativo, los parámetros de salud que se establecieron para ser monitoreados por la plataforma son:

- **Niveles de glucosa en sangre.** Los exámenes médicos de glucosa en sangre miden la cantidad de azúcar en la sangre. Si los niveles permisibles están fuera de lo normal, pueden provocar problemas graves a largo plazo, como daño

renal, pie diabético, daño en la retina, coma diabético entre otras consecuencias, prolongados periodos de glucosa alta en la sangre pueden dañar los vasos que suministran sangre a los órganos, por lo cual su control es de vital importancia en la prevención de afecciones críticas. La Figura 3-2, representa la interfaz móvil donde se registran los niveles de glucosa en sangre en mg por decilitro de sangre, se podrán visualizar también las ultimas tomas ver Figura 3-3 el ingreso de la fecha se permitirá obtener los registros históricos de glucosa para observar por rangos de fecha si han existido variaciones considerables.



Figura 3-2 Registro de glucosa



Figura 3-3 Bitácora de glucosa

- **Presión arterial.** Este parámetro de salud se refiere a la fuerza de la sangre que empuja contra los costados de los vasos sanguíneos. La hipertensión (presión arterial alta) no tiende a producir síntomas obvios. Por lo tanto, es importante medir constantemente la presión sanguínea. La medición de la presión arterial considera qué tan rápido pasa la sangre a través de las venas, así como la cantidad de resistencia que la sangre encuentra mientras bombea. El nivel de presión arterial (PA) es un factor determinante principal de la morbilidad y mortalidad cardiovascular en individuos con diabetes mellitus. (Turnbull & Collaboration, 2005).

La Figura 3-4 muestra la interfaz móvil para registrar la presión sanguínea, cuyas lecturas tienen dos valores. El primer valor representa la presión arterial sistólica, es decir, la cantidad de presión que ejerce la sangre en las arterias cuando el corazón late. El segundo valor es la presión arterial diastólica, es decir, la presión que ejerce la sangre sobre las paredes de las arterias entre latidos, cuando el corazón está en reposo• por ejemplo si tiene una medición de 130/90mmHg, 130 es la presión sistólica y 90 la presión diastólica. Considerando que es importante conocer el estado actual en el que encuentra el paciente (descanso, después de ejercicios, antes de ejercicio) ya que los intervalos pueden ser variables en un caso u otro, la aplicación tiene parametrizadas estas variables para que el usuario lo pueda seleccionar. Dado que los valores de la presión arterial de un paciente pueden variar de manera repentina la aplicación también permite el registro de la fecha y la hora, así como observaciones que puedan considerarse importantes, el registro de la PA puede realizarse las veces que se requieran en el día, lo cual permite un seguimiento más eficaz ver Figura 3-5, y disminuir los factores de riesgos del paciente, respecto a situaciones de peligro con una alta o baja presión arterial significativa.



Figura 3-4 Registro de presión arterial



Figura 3-5 Bitácora de presión arterial

- Peso.** El peso es un factor de equilibrio en las personas con diabetes ya que de acuerdo a estudios realizados por médicos los niveles de sobrepeso conllevan a enfermedades cardiovasculares y metabólicos en el individuo, un peso adecuado conlleva a mejorar la condición de salud de los pacientes diabéticos por lo que su control constituye un parámetro vital de supervisión. En la Figura 3-6 se muestran las imágenes de ingreso del parámetro del peso, adicionalmente se considera el ingreso de otros parámetros relacionados con el proceso metabólico como son la masa muscular, la tasa metabólica basal, porcentaje de agua, densidad ósea, porcentaje de grasa, a cada ingreso realizado se registra la fecha y la hora para monitorear con estadísticas la

evolución del paciente respecto a estos indicadores que puede ser de ayuda al médico tratante.



Figura 3-6 Registro Peso



Figura 3-7 Bitácora de peso

Un indicador relacionado con la variable del peso es el índice de masa corporal (IMC) el cual se calcula de la relación entre el peso y el cuadrado de la estatura del individuo, la variable estatura es ingresada previamente por el usuario como se observa en la Figura 3-7, finalmente lo que se muestra es el cociente de este resultado para determinar el nivel de clasificación en variables nominales como son bajo peso, peso ideal, sobrepeso, obesidad atendiendo a las observaciones del especialista cada una de ellas genera una alerta y/o

recomendación a seguir posteriormente. Un componente estadístico en la aplicación muestra el grado de variación los indicadores mencionados.

- **Pulso.** - El pulso o ritmo cardiaco es un parámetro que debe ser considerado dado que, en pacientes diabéticos con problemas de presión sanguínea, se pueden presentar alteraciones en el ritmo cardiaco que pueden ser un indicio de falla cardiovascular, la aplicación permite realizar el registro del pulso cardiaco de dos maneras registro manual, registro automático a través de sensores.

Para el primero como se puede observar en la Figura 3-8 la toma del pulso es capturada por un dispositivo externo y el resultado numérico PPM (Latidos por minuto) es registrado en la aplicación, de debe considerar la situación de que el paciente debe estar en estado de reposo para que no existan desviaciones en los resultados, así mismo la medición varía de acuerdo al sexo y la edad por lo que el sistema valida estos rangos de acuerdo a límites previamente establecidos para cada caso en particular.

Para el registro automático a través de sensores se utiliza la técnica del procesamiento de señal de video a través del sensor de la cámara del teléfono inteligente, esta técnica está ampliamente difundida en las diferentes aplicaciones para el monitoreo deportivo, pero en los últimos años se la viene utilizando para el control de la salud. Su captura se realiza posicionando el dedo índice unos 30 segundos sobre la cámara del teléfono inteligente mientras se captura el parámetro del pulso, el cual es registrado en la base de datos otra forma de registro del pulso se observa en la Figura 3-9 en esta pantalla el paciente debe registrar manualmente el dato del pulso e indicar alguna observación de ser el caso.



Figura 3-8 Toma de pulso



Figura 3-9 Registro de pulso

- Insulina.** La insulina permite regular la glucosa en la sangre de los pacientes diabéticos por lo que el registro de las dosis suministradas ver Figura 3-10, es un factor importante en el control de los niveles de azúcar en la sangre, se estima que 1 unidad es necesaria para que la glucosa baje en 50 mg/dl. Es posible que sea necesario suministrar más de una dosis al día por lo que la aplicación registra parámetros de la fecha y hora para mostrar estadísticas ver Figura 3-11 de las dosis diarias y por rangos de fecha, que pueden ser revisadas por el especialista médico.

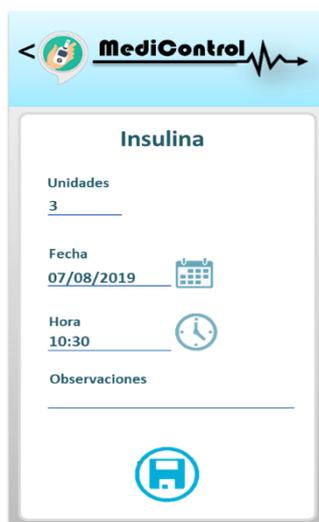


Figura 3-10 Registro de insulina

Registro	Estadísticas
16/07/2019 08:20 3 u	
15/07/2019 11:30 3 u	
14/07/2019 14:35 4 u	
13/07/2019 17:25 4 u	
12/07/2019 20:30 4 u	

Figura 3-11 Bitácora dosis de insulina

- Estado de ánimo.** Considerando que el estado de ánimo de un paciente con diabetes puede influir en la adherencia al tratamiento y a su comportamiento, es importante tomar en cuenta este factor el cual es evaluado en la aplicación mediante variables nominales de estado de ánimo como son: excelente, muy bien, aceptable, mal y terrible. La Figura 3-12 muestra los iconos "emotions" que permite el registro directo del estado anímico del paciente, la cual se registra con fecha y hora y de ser necesario alguna observación importante del paciente a ser evaluada. Es posible hacer un seguimiento del estado de ánimo a través de la bitácora ver Figura 3-13, así como a través del generador de reportes estadístico para evaluar por rangos de fechas, periodos en el que el

paciente ha estado optimista o pesimista y determinar cómo esto pudo afectar al paciente en su tratamiento de la enfermedad.



Figura 3-12 Registro de estado de ánimo



Figura 3-13 Bitácora estado de ánimo

- Medicamento.** Esta aplicación posee una base de datos de medicamentos aprobados por la FDA y validada por los especialistas de la salud que participaron en el diseño de la herramienta, la aplicación es flexible ya que cuenta con una categorización general de medicamentos, así como una lista específica de medicación para la diabetes (Nathan et al., 2009) Ver Figura 3-14 pudiendo extenderse a una nueva categorización para otras enfermedades crónicas (asma, VIH, gastritis, otras). Para el estudio específico de la diabetes una vez que el médico ha recetado un medicamento es posible para el paciente escoger el tipo de medicamento a través de una lista, pudiendo observar las

principales características de los mismos como son: la descripción del medicamento (p ej. mg, ml, otros), el tipo de presentación (sólido oral, liquido parenteral, otros), la vía de administración (oral, inyectable, otros) , esta lista solo podrá ser actualizada por el administrador de la herramienta, en base a los requerimientos de un especialista de la salud. En la Figura 3-15 se muestra la bitácora de los medicamentos que han sido suministrados, y las dosis con su respectiva fecha.

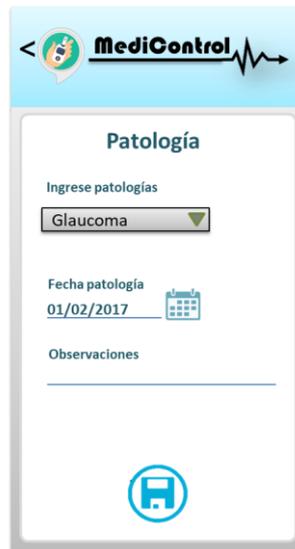
Figura 3-14 Registro de medicamento

Registro	Control	Estadísticas
16/07/2019 1 vez por la noche Glumetza		
15/07/2019 2 veces al día Avandia		
14/07/2019 1 vez por la noche Victoza		
13/07/2019 2 veces al día Kazano		

Figura 3-15 Bitácora de medicamento

- **Enfermedad pre-existente o nueva.-** La diabetes puede complicarse con enfermedades pre-existente o puede derivar una nueva enfermedad a causa de los daños que puede causar el desbalance de azúcar en la sangre, la

aplicación cuenta con una base de datos de enfermedades relacionadas a la diabetes, permitiendo como se ve en la Figura 3-16 registrar la enfermedad, la fecha de aparición y de ser el caso ingresar observaciones pertinentes, lo cual facilita al médico tratante tomar mejores consideraciones en la valoración del tratamiento del paciente.



The screenshot shows the 'MediControl' application interface. At the top, there is a header with the 'MediControl' logo and a heart rate line. Below the header, the title 'Patología' is displayed. Underneath, there is a section for 'Ingreso patologías' with a dropdown menu showing 'Glaucoma'. Below that, there is a 'Fecha patología' field with the date '01/02/2017' and a calendar icon. At the bottom, there is an 'Observaciones' field with a horizontal line for text entry. A blue circular icon with a white square and a plus sign is located at the bottom center of the form.

Figura 3-16 Enfermedades preexistentes

- **Médicos tratantes.**- La aplicación dispone de una base de datos de médicos ingresada previamente Figura 3-17, y clasificada por diferentes especialidades (nutriología, alergología, cardiología), considerando que en muchas ocasiones un paciente puede sufrir más de una enfermedad, la aplicación le permite buscar y vincular ver Figura 3-18 al médico o médicos tratantes, quienes podrán visualizar información clínica del paciente para un respectivo control y tratamiento, personalizado, esto implica que la aplicación no solo puede ser utilizada para la autogestión individual, sino también que puede extenderse a un centro de atención de salud, donde pacientes y médicos puedan interrelacionar para mejorar las condiciones de salud. Esta base de datos solo puede ser actualizada por el administrador a petición de los interesados.



Figura 3-17 Selección de médico



Figura 3-18 Registro médico

- Exámenes complementarios.** En esta opción se han agrupado parámetros de incidencias directas con la diabetes, como se muestra en la Figura 3-19, que incluyen el colesterol, triglicéridos y el HBA1c. Dado que las personas con niveles altos de lípidos en la sangre tienen tendencia a desarrollar diabetes tipo II, además de producir un elevado riesgo cardíaco, es importante controlar estos niveles. Para lo que la aplicación MediControl permite el registro de los niveles de colesterol total, colesterol LDL y colesterol HDL, nivel de triglicéridos en la sangre y los niveles de HBA1c. Para el registro en conjunto de los mismos, MediControl permite ingresar la fecha de registro y observaciones para generar un posterior seguimiento y gráfico de tendencia y evolución de estos indicadores de salud.



Figura 3-19 Registro colesterol

- **Seguimiento de paciente**

La diabetes mellitus es una enfermedad crónica cuya mayor parte del tratamiento puede ser tratada de forma ambulatoria es decir fuera de un hospital, es por esto que un adecuado seguimiento a las actividades que conlleven a un mejoramiento de la salud del paciente como son una adecuada nutrición, actividad física constante, toma de medicamento actividades que pueden ser asistidas por herramientas de tecnología para lograr mejores resultados a corto, mediano y largo plazo, tomando en consideración que una mejora del estilo de vida de los pacientes representa uno de los factores más importantes en el manejo de esta enfermedad crónica. Estudios han demostrado que un estilo de vida saludable produce efectos positivos sobre el control del peso, la glucosa y los factores de riesgo cardiovascular. Teniendo en cuenta los hechos mencionados anteriormente, se desarrolló un módulo de software que tiene como objetivo registrar parámetros de la actividad física, alimentación, tomas de medicamentos y estado de ánimo de un paciente para evaluar si estos elementos influyen en la condición del paciente.

En la Figura 3-20 se muestra la clasificación de dietas saludables las cuales el paciente puede elegir diariamente, estas recetas han sido elaboradas por especialistas en nutrición para mejorar la condición del paciente, la diversificación es importante dado que un paciente puede tener restringido un alimento en particular por una condición específica por lo que para un mismo día pueden existir varias recetas con diferentes ingredientes, no obstante puede ser que un paciente elija su propia dieta la Figura 3-21 muestra la interfaz que permite a los pacientes ingresar los parámetros más

importantes de los alimentos para tener el registro nutricional del mismo. La información recopilada en esta interfaz móvil se refiere a la cantidad de calorías o gramos de proteínas, carbohidratos y grasas en la comida. Todos estos datos son importantes para el tratamiento de la diabetes porque la glucosa proviene de los carbohidratos y normalmente los niveles de glucosa aumentan ligeramente después de comer.



Figura 3-20 Menú dietas



Figura 3-21 Registro dieta

Como se mencionó anteriormente es sistema dispone de un sub-módulo para el seguimiento de la actividad física el cual consta de rutinas de ejercicios, con tiempos establecidos considerando que cada paciente puede tener alguna limitante por la

condición de la diabetes o enfermedades relacionadas, la aplicación le muestra un conjunto de rutinas como se muestra en la Figura 3-22, para que pueda adaptarse a su situación particular estas actividades pueden ser caminar, correr, nadar, ejercicios de estiramiento entre otros, conforme el paciente vaya cumpliendo las actividades que abarca una rutina de ejercicios el sistema mostrara un avance a través de estrellas conseguidas por cada actividad realizada como se muestra en la Figura 3-23 , llegando a un máximo de 5 estrellas. Cada actividad tendrá una duración mínima de 6 min para un mínimo de 30 min por rutina, sin embargo, el usuario puede aumentar la cantidad de actividad en una rutina para incrementar el tiempo de actividad física.



Figura 3-22 Tipo de rutina de ejercicios



Figura 3-23 Rutinas realizadas

En lo que corresponde al seguimiento de estado de ánimo el sistema provee de un comparativo de los estados de ánimo, con la finalidad de motivarlo a continuar con

su tratamiento, debido a que un estado de ánimo negativo recurrente puede conllevar a abandono o retraso del tratamiento.

El cumplimiento de la medicación se convierte en un aspecto importante por lo que el sistema realiza un seguimiento de la medicación ingresada previamente con fechas, horas y dosis consumidas por el paciente.

3.1.1.2. Administrador de alertas

El objetivo principal de este módulo es generar un conjunto de alertas cuando la plataforma detecta ciertos factores de riesgo. Por ejemplo, en el contexto del control de la diabetes, se generan diferentes alertas cuando los niveles de glucosa en sangre del paciente son elevados, cuando el paciente consume alimentos con grandes cantidades de carbohidratos, calorías o cuando los pacientes olvidaron medir sus niveles de glucosa en sangre. Puede ser una tarea muy complicada para el paciente diabético poder interpretar los niveles inadecuados de los parámetros de salud (colesterol, triglicéridos, glucosa), por lo que a través de validación de datos se estima el momento que un indicador está por debajo o encima de lo normal. Como se mencionó anteriormente, un grupo de profesionales de la salud participó en el diseño y desarrollo de MediControl, por lo tanto, establecieron el conjunto de alertas que se proporcionarán a los pacientes. En la Figura 3-24 mostramos el modelo de clasificación de las alertas las cuales pueden ser de dos tipos: aquellas generadas por el médico tratante en su aplicativo web a través del cual el especialista puede enviar un mensaje personalizado al paciente y por otro lado existen notificaciones generadas automáticamente al paciente a través de un sistema de validación de reglas, en ambos casos se intenta prevenir que el usuario llegue a una condición de riesgo en su salud.

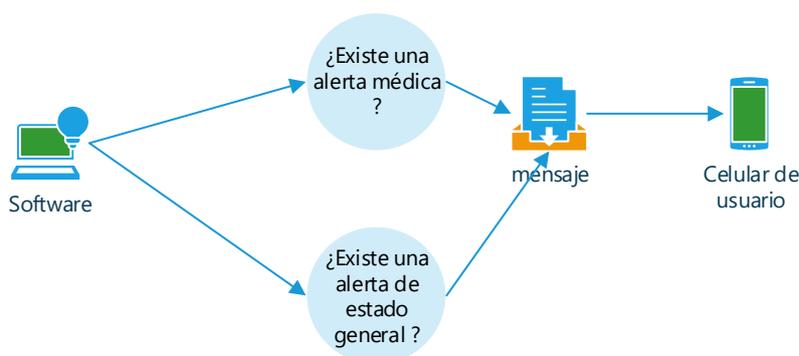


Figura 3-24 Esquema de alerta

Además, debe mencionarse que este conjunto de alertas puede aumentar durante el despliegue de la plataforma. Las alertas generadas por este módulo están relacionadas con los parámetros de salud y la ingesta de alimentos y medicamentos.



Figura 3-25 Alertas médicas

Por cada alerta es posible parametrizar una notificación médica como se puede observar en la Figura 3-25, asociada a dicha anomalía presentada, esto se realiza a través de un conjunto de reglas generadas para el sistema las mismas que se revisaran a detalle en el módulo de recomendaciones.

A continuación, se describen algunos fundamentos teóricos en los que se basan las notificaciones relacionados con los principales indicadores analizados. **Niveles de glucosa en sangre.** El objetivo del tratamiento de la diabetes es llevar los niveles de azúcar en la sangre lo más cerca posible de lo normal. Por lo tanto, es necesario que los pacientes conozcan el nivel normal de azúcar en la sangre y reciban una alerta cuando sus niveles de glucosa sean más bajos o más altos de lo normal. Ejemplo de alerta general asociada *"Tu glucosa está levemente por encima del límite normal"*. **IMC.** El sobrepeso aumenta el riesgo de diabetes mellitus tipo 2 e hipertensión. Además, puede aumentar el riesgo de presión arterial alta y colesterol no saludable. El IMC se interpreta de manera diferente para niños, adolescentes y adultos, así como entre hombres y mujeres. Ejemplo de alerta asociada *"Tu índice de masa corporal te ubica con Sobrepeso"*. **Colesterol.** El cuerpo requiere que el colesterol funcione correctamente; sin embargo, tener demasiado colesterol pone a los pacientes en riesgo de tener un ataque cardíaco. El colesterol total consiste en lipoproteínas de baja densidad (LDL) y lipoproteínas de alta densidad (HDL). LDL se llama colesterol malo y

HDL se considera colesterol bueno. La plataforma considera factores como la edad y el género cuando se generan alertas sobre el colesterol. Ejemplo de Alerta asociada "*Tu colesterol está por encima del límite*". **Grasa visceral.** Este parámetro se refiere a la grasa corporal que se almacena dentro de la cavidad abdominal. Este tipo de grasa juega un papel peligroso que afecta la función de las hormonas. El almacenamiento de cantidades más altas de grasa visceral aumenta los riesgos de problemas de salud, incluida la diabetes tipo 2 y la enfermedad cardíaca. Ejemplo de Alerta asociada "*Tu grasa visceral está por encima del límite normal*". **Presión sanguínea.** Cuando la presión arterial es demasiado alta, ejerce más presión sobre las arterias y el corazón, lo que puede provocar ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares. Por lo tanto, es importante mantener la presión arterial lo más baja posible. Ejemplo de Alerta asociada "*Tu presión arterial está muy por encima del límite normal*"

Comida. Alimentarse saludablemente es una parte esencial del control de la diabetes mellitus y la hipertensión. En este sentido, la plataforma genera alertas cuando el paciente come alimentos con grandes cantidades de grasas, carbohidratos y calorías que pueden aumentar el riesgo de colesterol, enfermedades cardíacas, presión arterial alta, azúcar en la sangre descontrolada, así como el aumento de peso. Ejemplo de Alerta asociada "*Tu alimentación tiene exceso de carbohidratos*".

El módulo de gestión de alertas se apoya en un sistema basado en reglas de primer orden que se pasan a describir a continuación de acuerdo al parámetro a tomar en cuenta.

- **Regla de índice de masa corporal (IMC)**

El índice de masa corporal es la relación entre el peso y la estatura elevada al cuadrado de un individuo como se observa en la Ecuación 1, el rango va desde el mínimo 16 que es la escala más baja correspondiente a un peso bajo severo hasta el máximo mayor a 40 que corresponde a obesidad grado 3, entre el intervalo se definen valores intermedios para determinar diferentes niveles de criticidad o normalidad respecto al peso del paciente el mismo que es ingresado por el usuario y debe estar dado en kilogramos mientras que la estatura debe ser ingresada en centímetros.

$$IMC = \frac{Peso}{Estatura^2}$$

Ecuación 1 Cálculo del IMC

En la Tabla 3-1 se detallan las reglas que contempla la categoría según el índice de masa corporal.

Tabla 3-1 Reglas para alertas de niveles de IMC

<pre>if ((indice_masa_corporal < 16)) then NIVEL_PESO_BAJO_SEVERO if ((indice_masa_corporal ≥ 16) and (indice_masa_corporal < 17)) then NIVEL_PESO_BAJO_MODERADO if ((indice_masa_corporal ≥ 17) and (indice_masa_corporal < 18.5)) then NIVEL_PESO_BAJO_LEVE if ((indice_masa_corporal ≥ 18.5) and (indice_masa_corporal < 25)) then NIVEL_PESO_NORMAL if ((indice_masa_corporal ≥ 25) and (indice_masa_corporal < 30)) then NIVEL_PESO_SOBREPESO if ((indice_masa_corporal ≥ 30) and (indice_masa_corporal < 35)) then NIVEL_PESO_OBESIDAD1 if ((indice_masa_corporal ≥ 35) and (indice_masa_corporal < 40)) then NIVEL_PESO_OBESIDAD2 if ((indice_masa_corporal ≥ 40)) then NIVEL_PESO_OBESIDAD3</pre>

Las reglas previamente descritas están basadas en un rango mínimo de 16 y un máximo de 40, por debajo del rango mínimo representa una condición severa de bajo peso que podría estar asociada a un grado crítico de desnutrición, mientras que por encima del rango máximo corresponde a un trastorno metabólico crónico conocido como obesidad en grado 3 ambos límites representan un riesgo permanente en la salud del paciente diabético. Los rangos de IMC entre 16 y menor a 18.5 con subniveles menor a 17 para un peso bajo moderado y mayor a 17 para un peso bajo leve, representan una condición que debe ser evaluado por el médico siendo lo ideal llegar a un rango entre 18.5 y menor a 25 el cual es considerado como un peso normal para el individuo, a partir de un IMC de 25 se presentan complicaciones de exceso de peso, en niveles de sobrepeso cuando el IMC llega hasta un valor de 30, posterior a este nivel tenemos la denominación de obesidad con varios niveles críticos como la obesidad grado 1 cuando el imc se aproxima a 35, obesidad grado 2 cuando se alcanza el valor de 35 hasta un nivel próximo a 40 y la más severa que es la obesidad de grado 3 cuando llega y supera este valor. Estas valoraciones han sido representadas con reglas mediante sentencias condicionales "if" y asociadas a una alerta descriptiva que pueda ser interpretada fácilmente por el paciente.

- **Reglas para la glucemia**

Se manejan niveles de alerta para la medición de glucemia, a criterio medico el nivel más alto es conocido como hiperglucemia y el nivel más bajo como hipoglucemia ambas alteraciones representan problemas en la salud del paciente que implican acciones a tomar. Los niveles de glucosa pueden variar dependiendo si es tomada en ayunas o después de las comidas para ambos casos se han diseñado reglas de validación descritas en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2 Reglas para alertas de los niveles de glucosa

<p><i>If (periodo_registro_glucemia = "glucemia_ayunas") then</i></p> <p><i> If (registro_glucemia < 70) then MAL_CONTROL_HIPOGLUCEMIA</i></p> <p><i> If ((registro_glucemia >=70) and (registro_glucemia < 110)) then BUEN_CONTROL_GLUCEMIA</i></p> <p><i> If ((registro_glucemia >= 110) and (registro_glucemia < = 130)) then CONTROL_ACEPTABLE</i></p> <p><i> If (registro_glucemia > 130) then MAL_CONTROL_HIPERGLUCEMIA</i></p> <p><i>If periodo_registro_glucemia = "glucemia_despues_comida" then</i></p> <p><i> If (registro_glucemia < 70) then MAL_CONTROL_HIPOGLUCEMIA</i></p> <p><i> If ((registro_glucemia > =70) and (registro_glucemia < 140)) then BUEN_CONTROL_GLUCEMIA</i></p> <p><i> If ((registro_glucemia >= 140) and (registro_glucemia < = 180)) then CONTROL_ACEPTABLE</i></p> <p><i> If (registro_glucemia > 180) then MAL_CONTROL_HIPERGLUCEMIA</i></p>

Como se puede observar en las reglas previas se determina que si la toma de glucosa se realiza en ayunas la regla para los valores "aceptables" están entre 110 mg/DL y 130 mg/DL, menor a 110 mg/DL hasta 70 mg/DL se valida una regla que determina un "buen control" de la glucemia, sin embargo, valores inferiores a 70 mg/DL y superiores a 130 mg/DL se representan reglas de validación que determinan una alerta de "mal control -hipoglucemia" y "mal control - hiperglucemia" respectivamente, si la medición se realiza después de las comidas (2 horas) la regla para los valores "aceptables" están entre 140 mg/DL y 180 mg/DL, menor a 140 mg/DL hasta 70 mg/DL se considera que existe un "buen control" de la glucemia, superior a 180 mg/DL se considera que existe un "mal control - hiperglucemia" por otro lado si después de ingerir

alimentos en caso excepcional el nivel es menor a 70 mg/DL se presenta la alerta "mal control -hipoglucemia".

Es conveniente mencionar que si bien es cierto estos límites son límites generales establecidos clínicamente para el seguimiento de la glucosa en la sangre, los mismos pueden variar de acuerdo al criterio del médico respecto a su paciente.

- **Reglas para el Colesterol**

El colesterol total está conformado por colesterol HDL conocido como colesterol bueno y colesterol LDL conocido como colesterol malo, la unidad esta expresada en miligramos por decilitro de sangre cuya representación es mg/dl, existen límites recomendados para ambos de acuerdo al sexo, tal como muestran las reglas definidas en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3 Reglas para alertas de los niveles de colesterol

```
Sexo = "masculino"
if (registro_cholesterol_ldl < 100) then NIVEL_COLESTEROL_LDL_OPTIMO
    if ((registro_cholesterol_ldl >= 100) and (registro_cholesterol_ldl
        <= 160)) then NIVEL_COLESTEROL_LDL_ALTO
    if (registro_cholesterol_ldl) > 160 NIVEL_COLESTEROL_LDL_MUYALTO
if (registro_cholesterol_hdl >= 40) then NIVEL_COLESTEROL_HDL_OPTIMO else
NIVEL_COLESTEROL_HDL_BAJO
if (registro_cholesterol_total >= 125) and (registro_cholesterol_total <= 200) then
NIVEL_COLESTEROL__TOTAL_OPTIMO
if (registro_cholesterol_total >= 200) then NIVEL_COLESTEROL__TOTAL_ELEVADO

Sexo = "femenino"
If (registro_cholesterol_ldl < 100) then NIVEL_COLESTEROL_LDL_OPTIMO
If ((registro_cholesterol_ldl >= 100) and (registro_cholesterol_ldl
<= 160)) then NIVEL_COLESTEROL_LDL_ALTO
if (registro_cholesterol_ldl) > 160 NIVEL_COLESTEROL_LDL_MUYALTO
If (registro_cholesterol_hdl >= 50) then NIVEL_COLESTEROL_HDL_OPTIMO
If (registro_cholesterol_total >= 125) and (registro_cholesterol_total <= 200) then
NIVEL_COLESTEROL_TOTAL_OPTIMO
If (registro_cholesterol_total >= 200) then NIVEL_COLESTEROL__TOTAL_ELEVADO
```

Analizando las reglas previas observamos que para ambos sexos los niveles permitidos de colesterol ldl son similares es decir se establece que por debajo de 100 mg/dl se tiene un colesterol óptimo, y por encima de 160 mg/dl se considera un nivel de colesterol elevado mientras que entre los intervalos de 100 mg/dl y 160 mg/dl se establece un nivel alto de colesterol ldl. Para la regla del colesterol hdl observamos una diferencia ya que para hombres el nivel óptimo se establece en un nivel mayor a 40 mg/dl mientras que para el sexo femenino se establece a partir de 50 mg/dl.

Para el colesterol total los límites para ambos sexos se establecieron que en niveles superiores a 200 mg/dl se considera un nivel elevado del colesterol total mientras que el rango entre 125 mg/dl y 200 mg/dl se considera un nivel óptimo del colesterol total. Los niveles por debajo de 125mg/dl aún se consideran normales ya que en la investigación no se ha encontrado documentación que refleje un problema para la salud los niveles bajos del colesterol total, sin embargo, puede estar asociada a una enfermedad indeterminada que no es objeto de este estudio.

- **Reglas para la presión arterial**

La presión arterial tiene dos medidas la presión diastólica y la presión sistólica su unidad de medida está dada en mmHg (milímetros de mercurio), a la presión diastólica se la conoce como la presión alta mientras que a la presión sistólica se la conoce como presión baja. La relación entre la presión sistólica y la diastólica determina si existe alguna alteración en los niveles que van desde presión arterial baja, presión arterial óptima, presión arterial normal, presión arterial normal alta, presión arterial alta leve, presión arterial alta moderada y presión arterial crítica. Como se muestra en las reglas de la Tabla 3-4, si la presión sistólica y diastólica están por debajo 80 mmHg y 60 mmHg respectivamente se establece que el paciente tiene una presión arterial baja, para valores de la presión sistólica entre 80 mmHg y menores a 120 mmHg y la presión diastólica entre 60 mmHg y menores 80 mmHg la regla determina que existe una presión arterial optima, para valores de presión sistólica entre 120 mmHg y menores que 130 mmHg, y valores en la presión diastólica entre 80 mmHg y menores a 85 se determina que el paciente tiene una presión arterial normal, la siguiente regla muestra que con valores de presión sistólica entre 130 mmHg y menores a 140 mmHg, y valores de presión diastólica entre 85 mmHg y menores a 90 mmHg se establece una nivel de presión arterial alta pero que se encuentra dentro del límite normal, para valores de presión sistólica entre 140 mmHg y menores a 160 mmHg, y valores de presión

diastólica entre 90 mmHg y menores a 99 mmHg se establece un nivel de presión arterial levemente alta. Para valores de presión sistólica entre 160 mmHg y menores a 180 mmHg, y valores de presión diastólica entre 100 mmHg y menores a 110 mmHg se establece un nivel de presión arterial alta moderada. La última regla establece que para valores de presión sistólica mayores a 180 mmHg, y valores de presión diastólica mayores a 110 mmHg se determinan una presión arterial alta crítica.

Tabla 3-4 Reglas para alertas de los niveles de presión arterial

```
if ((registro_presion_arterial_sistolica < 80) and (registro_presion_arterial_diastolica < 60))
then PRESION_ARTERIAL_BAJA

if ((registro_presion_arterial_sistolica >= 80) and (registro_presion_arterial_sistolica < 120))
and ((registro_presion_arterial_diastolica >= 60) and (registro_presion_arterial_diastolica <
80)) then PRESION_ARTERIAL_OPTIMA.

if ((registro_presion_arterial_sistolica >= 120) and (registro_presion_arterial_sistolica < 130)) and
((registro_presion_arterial_diastolica >= 80) and (registro_presion_arterial_diastolica < 85)) then
PRESION_ARTERIAL_NORMAL.

if ((registro_presion_arterial_sistolica >= 130) and (registro_presion_arterial_sistolica < 140)) and
((registro_presion_arterial_diastolica >= 85) and (registro_presion_arterial_diastolica < 90)) then
PRESION_ARTERIAL_NORMAL_ALTA.

if ((registro_presion_arterial_sistolica >= 140) and (registro_presion_arterial_sistolica < 160)) and
((registro_presion_arterial_diastolica >= 90) and (registro_presion_arterial_diastolica < 100)) then
PRESION_ARTERIAL_ALTA_LEVE.

If ((registro_presion_arterial_sistolica >= 160) and (registro_presion_arterial_sistolica < 180)) and
((registro_presion_arterial_diastolica >= 100) and (registro_presion_arterial_diastolica < 110)) then
PRESION_ARTERIAL_ALTA_MODERADA.

if ((registro_presion_arterial_sistolica >= 180) and (registro_presion_arterial_diastolica >=
110)) then PRESION_ARTERIAL_ALTA_CRITICA
```

De acuerdo a diferentes criterios médicos los niveles de la presión arterial de una persona pueden variar levemente por la edad o sexo del paciente, sin embargo, para la definición de las reglas se ha considerado niveles generales de la presión arterial de pacientes mayores de 18 años.

3.1.1.3. Módulo de Recomendaciones de Salud

El sistema dispone de una serie de recomendaciones avanzadas que permiten a los pacientes tener un mejor control y seguimiento de su enfermedad crónica tales como promedio del peso y glucosa registrado en las últimas semanas entre otras, lo que permite tener una visión clara de la evolución en el tiempo y determinar mejoras o afianzar el tratamiento seguido.

A continuación, se describen las reglas que se han definido de acuerdo a los principales indicadores:

- **Recomendación de glucosa**

Previamente se ha descrito las implicaciones que tiene las variaciones fuera de los límites de los niveles de glucosa en el tratamiento de la diabetes, en apartados anteriores definieron alertas preventivas para valores mínimos y máximos, pero las recomendaciones de glucosa van más de allá de un análisis específico sino que evalúan las mediciones por periodos de tiempo y permiten obtener información de niveles altos de glucosa de forma permanente que pueden derivar en consecuencias de salud en el paciente, pero podemos pensar que utilizar las mediciones diarias y utilizar formulas estadísticas de concentración de glucosa puede ser una alternativa, sin embargo, de acuerdo a investigaciones científicas dicha apreciación no corresponde una evidencia valida debido a que la glucosa puede variar en el día muchas veces, si a esto lo evaluamos en una semana o un mes, no es realmente una metodología ni eficiente ni efectiva, por lo que para la recomendación de glucosa se utiliza el factor HbA1c que como revisamos previamente miden el porcentaje de concentración de la glucosa en sangre (hemoglobina) y como el periodo de vida de las células de la hemoglobina es de aproximadamente 3 meses el análisis de este indicador nos puede dar un estimado de concentración de glucosa en sangre, siendo un porcentaje ideal menor a 7%, estudios han demostrado que un nivel prolongado de la HbA1c (mayor de un año) pueden provocar complicaciones severas en la salud del paciente, por otro lado nivel un inferior a 1% puede provocar serios daños vasculares.

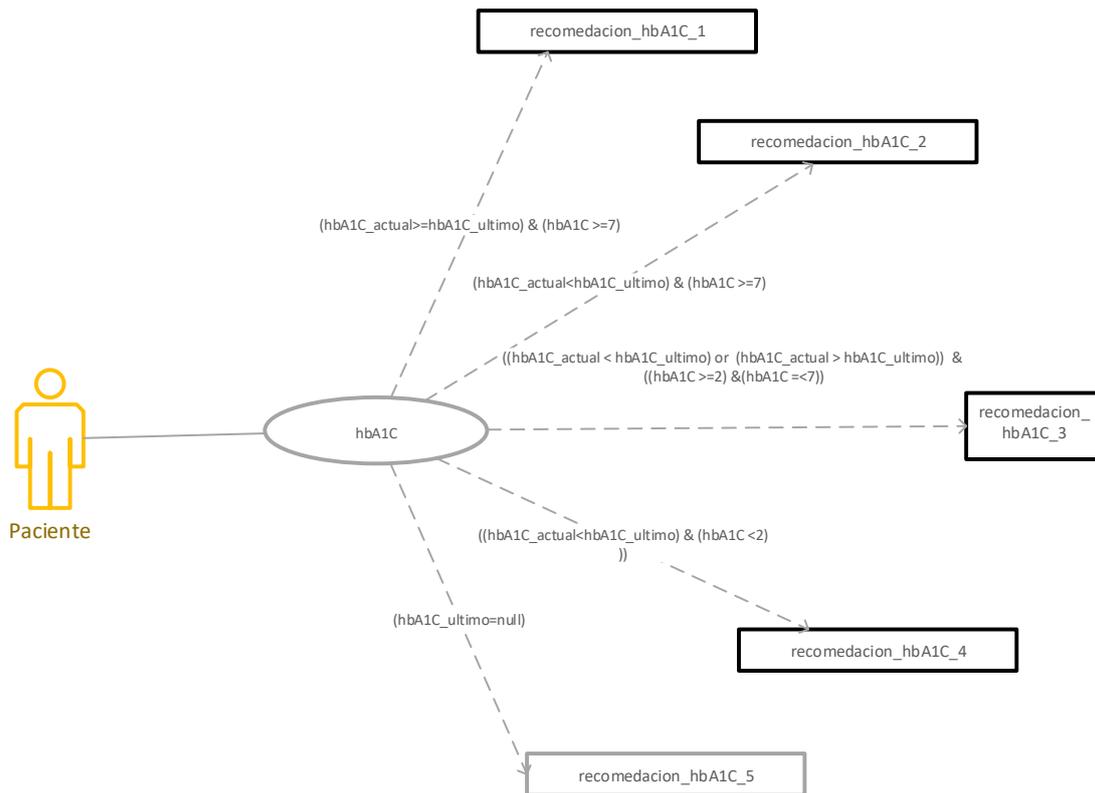


Figura 3-26 Árbol de reglas glucosa

En la Figura 3-26 hemos representando las reglas que llevan a las recomendaciones pertinentes de la glucosa, de la cual se han diseñado 5 reglas de recomendaciones ver la Tabla 3-5, se han definido las variables hbA1c_previo como el registro ingresado previamente en el sistema y hbA1c_ultimo es el indicador más reciente registrado en el sistema si el hbA1c_ultimo es mayor a hbA1c_previo y hbA1c_ultimo es mayor o igual a 7 el sistema mostrará la recomendación recomendacion_hbA1C_1 (Tabla 3-6) relacionada a niveles altos de glucosa, por otro lado si el si el hbA1c_ultimo es menor a hbA1c_previo y hbA1c_ultimo es mayor o igual a 7 se mostrara la recomendación recomendacion_hbA1C_2 (Tabla 3-6) para indicar que los niveles de glucosa han disminuido pero que aún se encuentran en un nivel alto mostrando las indicaciones pertinentes, la siguiente recomendación evalúa si hbA1c_ultimo, se encuentra entre los limites 2 a 7 los valores se encuentran en un estado normal mostrando recomendacion_hbA1C_3 (Tabla 3-6), si los niveles de hbA1c_ultimo son menores a 2 se activa recomendacion_hbA1C_4, finalmente si no existe registro previo para comparar se recomienda registrar los valores con frecuencia en la recomendacion_hbA1C_5 (Tabla 3-6).

A continuación presentamos las reglas integradas para los casos revisados:

Tabla 3-5 Reglas para recomendaciones glucosa

<p><i>If ((hbA1C_ultimo >= hbA1C_previo) and (hbA1C_ultimo>=7)) then recomedacion_hbA1C_1[.]</i></p> <p><i>If (hbA1C_ultimo < hbA1C_previo) and (hbA1C_ultimo>=7) then recomedacion_hbA1C_2[.]</i></p> <p><i>If ((hbA1C_ultimo >= hbA1C_previo) or (hbA1C_ultimo < hbA1C_previo)) and (hbA1C_ultimo>=2 and hbA1C_ultimo<7=0) then recomedacion_hbA1C_3[.]</i></p> <p><i>If (hbA1C_ultimo < hbA1C_previo) or (hbA1C_ultimo > hbA1C_previo) and (hbA1C_ultimo < 2) then recomedacion_hbA1C_4[.]</i></p> <p><i>If (hbA1C_ultimo="null") then recomedacion_hbA1C_5[.]</i></p>

Tabla 3-6 Descripción de las recomendaciones glucosa

Descripción	Recomendaciones factor hbA1C
<i>recomedacion_hbA1C_1</i>	<i>"Recomendación hbA1c: Su nivel de hbAc1 es mayor que su REGISTRO previo y continúa ELEVADO. Debe revisar su tratamiento y/o dosis de INSULINA. El nivel alto prolongado de hbA1c puede causar daños severos a su salud."</i>
<i>recomedacion_hbA1C_2</i>	<i>"Recomendación hbA1c: Su nivel de hbAc1 es menor que su REGISTRO previo pero continua ELEVADO. Debe esforzarse un poco más para obtener el nivel NORMAL. Mejore su tratamiento mantenga adecuadamente su plan alimenticio y rutina de ejercicio. Aplique su dosis de insulina de acuerdo a sus registros diarios de glucosa. El nivel alto prolongado de hbA1c puede causar daños severos a su salud."</i>
<i>recomedacion_hbA1C_3</i>	<i>"Recomendación hbA1c: Su nivel de hbAc1 es el ADECUADO mantenga su tratamiento."</i>

<i>recomedacion_hbA1C_4</i>	<i>"Recomendación hbA1c: Su nivel de hbAc1 es DEMASIADO BAJO lo que puede provocar serios problemas vasculares póngase en contacto con su médico. "</i>
<i>recomedacion_hbA1C_5</i>	<i>"Recomendación hbA1c: No tiene registrados datos previos para realizar seguimiento."</i>

Finalmente, el sistema permite mostrar gráficamente la evolución de este indicador con valores históricos lo cual puede ser de gran ayuda al médico tratante en su evaluación. En la siguiente sección se explican las recomendaciones en función de los indicadores ingresados.

- **Recomendación de peso**

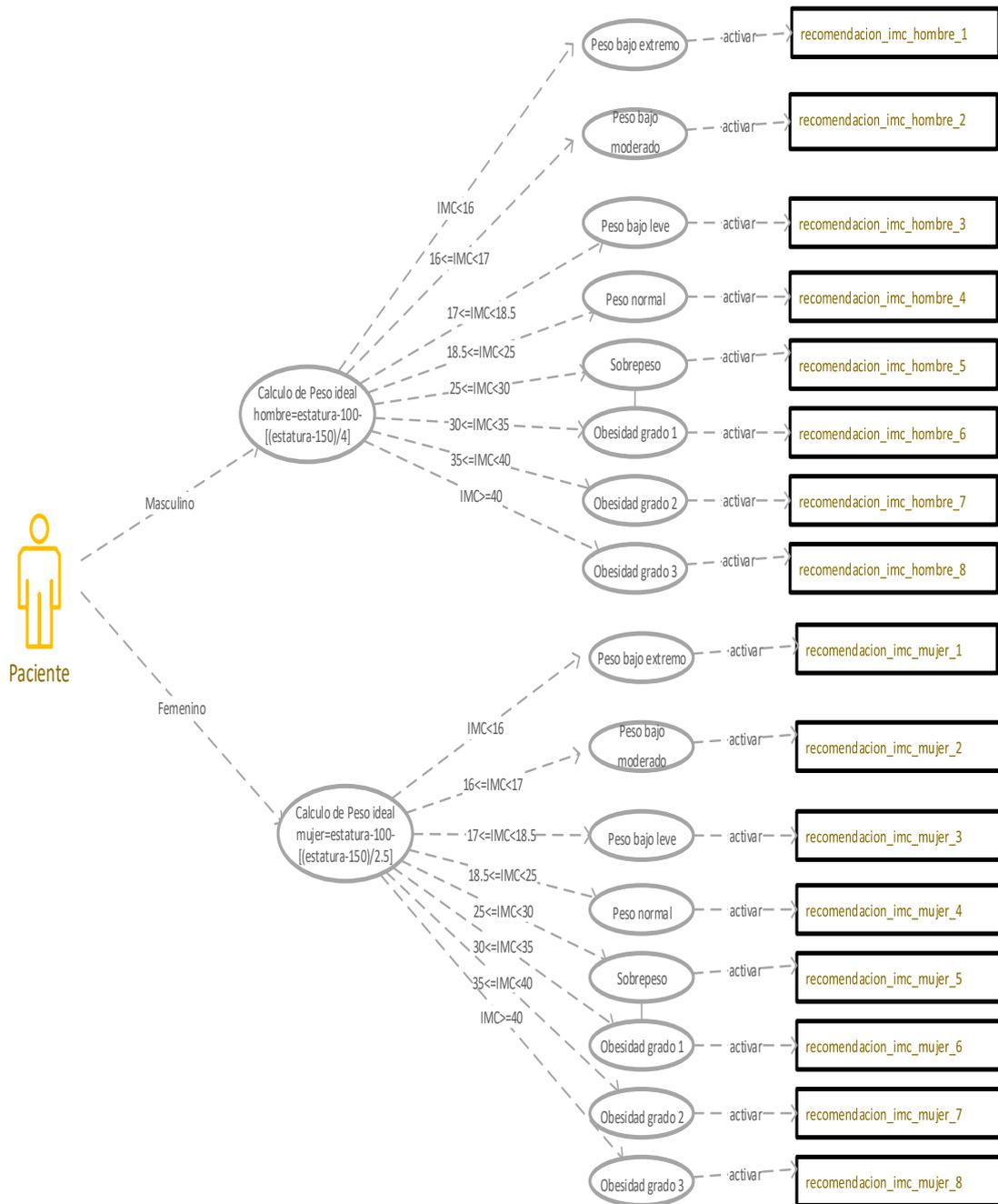


Figura 3-27 Árbol de reglas Peso e IMC

Para las recomendaciones del peso se ha utilizado el IMC como un valor referencial para determinar si el paciente tiene falta de peso o sobrepeso, también se muestra el peso ideal que debería tener, cuanto le falta para llegar a su peso ideal, para el efecto se utilizó la fórmula de Lorenz la cual hace diferencia entre el cálculo del peso ideal de hombres (Ecuación 2) y mujeres (Ecuación 3).

$$\text{peso_ideal_hombre} = \text{estatura} - 100 - \left[\frac{\text{estatura} - 150}{4} \right]$$

Ecuación 2 Peso ideal hombre

$$\text{peso_ideal_hombre} = \text{estatura} - 100 - \left[\frac{\text{estatura} - 150}{2.5} \right]$$

Ecuación 3 Peso ideal mujer

Para este indicador se han desarrollado 16 recomendaciones de peso 8 asignadas a hombres y 8 asignadas a mujeres previamente se elaboró un árbol de reglas ver Figura 3-27 donde se comienza validando el sexo del paciente, para calcular su peso ideal posterior a ello se evalúa el rango al que pertenece su IMC. De acuerdo a estas validaciones el sistema indica al paciente su evaluación respecto a su IMC y le indica cual debería ser su peso ideal en Kg, indicando también cuantos Kgs debe ganar o perder según sea el caso, recomendando que se ajuste a su plan alimenticio específico. En el caso de valores críticos el sistema recomienda al paciente ponerse en contacto con su médico. A continuación se muestran las reglas de recomendaciones Tabla 3-7, diseñadas que como se indicó verifica el sexo del paciente "MASCULINO" o "FEMENINO" e interpreta el rango a que corresponde su IMC de acuerdo a lo definido en la sección previa correspondiente a las reglas para IMC, una vez realizada la evaluación se activa la recomendación respectiva cuya descripción se la puede observar en la Tabla 3-8.

Tabla 3-7 Reglas para recomendaciones de Peso

```

if (sexo="MASCULINO") and (indice_masa_corporal <16 ) then
recomendacion_imc_hombre_1[] else if ((sexo="FEMENINO") and
(indice_masa_corporal <16 ) then recomendacion_imc_mujer_1[]

if ((sexo="MASCULINO") and ((indice_masa_corporal >=16) and
(indice_masa_corporal < 17)) then recomendacion_imc_hombre_2[] else if
((sexo="FEMENINO") and ((indice_masa_corporal >=16) and
(indice_masa_corporal < 17)) then recomendacion_imc_mujer_2[]

if ((sexo="MASCULINO") and ((indice_masa_corporal >= 17) and
(indice_masa_corporal < 18.5)) then recomendacion_imc_hombre_3[] else if

```

```

((sexo="FEMENINO") and ((indice_masa_corporal >=17) and
(indice_masa_corporal < 18.5)) then recomendacion_imc_mujer_3[]

if ((sexo="MASCULINO") and ((indice_masa_corporal >= 18.5) and
(indice_masa_corporal < 25)) then recomendacion_imc_hombre_4[] else if
((sexo="FEMENINO") and ((indice_masa_corporal >= 18.5) and
(indice_masa_corporal < 25)) then recomendacion_imc_mujer_4[]

if ((sexo="MASCULINO") and ((indice_masa_corporal >= 25) and
(indice_masa_corporal < 30)) then recomendacion_imc_hombre_5[] else if
((sexo="FEMENINO") and if ((indice_masa_corporal >= 25) and
(indice_masa_corporal < 30)) then recomendacion_imc_mujer_5[]

if ((sexo="MASCULINO") and ((indice_masa_corporal >= 30) and
(indice_masa_corporal < 35)) then recomendacion_imc_hombre_6[] else if
((sexo="FEMENINO") and ((indice_masa_corporal >= 30) and
(indice_masa_corporal < 35)) then recomendacion_imc_mujer_6[]

if ((sexo="MASCULINO") and ((indice_masa_corporal >= 35) and
(indice_masa_corporal < 40)) then recomendacion_imc_7[] else if
((sexo="FEMENINO") and ((indice_masa_corporal >= 35) and
(indice_masa_corporal < 40)) then recomendacion_imc_7[]

if ((sexo="MASCULINO") and ((indice_masa_corporal >= 40)) then
recomendacion_imc_8[] else if ((sexo="FEMENINO") and ((indice_masa_corporal
>= 40)) then recomendacion_imc_8[]

```

Tabla 3-8 Descripción para recomendaciones para peso e IMC

Descripción	Recomendación peso
recomendacion_imc_hombre_1	"De acuerdo a su IMC su peso es extremadamente bajo, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_hombre+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_ideal_hombre – peso_actual) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para ganar peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ ". Revise las

	<i>recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico"</i>
<i>recomendacion_imc_mujer_1</i>	<i>"De acuerdo a su IMC su peso es extremadamente bajo, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_mujer+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_ideal_mujer – peso_actual) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para ganar peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ ". Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico"</i>
<i>recomendacion_imc_hombre_2</i>	<i>"Recomendación imc: De acuerdo a su IMC su peso es moderadamente bajo, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_hombre+ "Kg, tiene una diferencia de "+ (peso_ideal_hombre – peso_actual) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para ganar peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ ". Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico"</i>
<i>recomendacion_imc_mujer_2</i>	<i>"Recomendación imc: De acuerdo a su IMC su peso es moderadamente bajo, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_mujer+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_ideal_mujer – peso_actual) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para ganar peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ ". Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico");</i>
<i>recomendacion_imc_hombre_3</i>	<i>"De acuerdo a su IMC su peso es levemente bajo, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_hombre+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_ideal_hombre – peso_actual) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para ganar peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ " Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico"</i>

<p><i>recomendacion_imc_mujer_3</i></p>	<p><i>"De acuerdo a su IMC su peso es levemente bajo, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_mujer+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_ideal_mujer – peso_actual) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para ganar peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ ". Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico"</i></p>
<p><i>recomendacion_imc_hombre_4</i></p>	<p><i>"Recomendación imc: De acuerdo a su IMC su peso es normal , pero su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_hombre+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_ideal_hombre – peso_actual) + "Kg. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ ". Mantenga su alimentación y realice ejercicio físico"</i></p>
<p><i>recomendacion_imc_mujer_4</i></p>	<p><i>"Recomendación imc: De acuerdo a su IMC su peso es normal , pero su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_mujer+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_ideal_mujer – peso_actual) + "Kg. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ ". Mantenga su alimentación y realice ejercicio físico"</i></p>
<p><i>recomendacion_imc_hombre_5</i></p>	<p><i>"De acuerdo a su IMC Ud. tiene sobrepeso, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_hombre+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_actual - peso_ideal_hombre) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para perder peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ ". Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico");</i></p>
<p><i>recomendacion_imc_mujer_5</i></p>	<p><i>"De acuerdo a su IMC Ud. tiene sobrepeso, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_mujer+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_actual - peso_ideal_mujer) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para perder peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ ". Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico"</i></p>

<p><i>recomendacion_imc_hombre_6</i></p>	<p><i>"De acuerdo a su IMC Ud. tiene un nivel de obesidad grado1, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_hombre+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_actual - peso_ideal_hombre) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para perder peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+" .Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico"</i></p>
<p><i>recomendacion_imc_mujer_6</i></p>	<p><i>"Recomendación imc: De acuerdo a su IMC Ud. tiene un nivel de obesidad grado1, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_mujer+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_actual - peso_ideal_mujer) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para perder peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ ". Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico"</i></p>
<p><i>recomendacion_imc_hombre_7</i></p>	<p><i>"De acuerdo a su IMC Ud. tiene un nivel de obesidad grado2, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_hombre+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_actual - peso_ideal_hombre) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para perder peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+" . Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico"</i></p>
<p><i>recomendacion_imc_mujer_7</i></p>	<p><i>"Recomendación imc: De acuerdo a su IMC Ud. tiene un nivel de obesidad grado2, su peso ideal debería estar en "+peso_ideal_mujer+ "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_actual - peso_ideal_mujer) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para perder peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de "+peso_promedio+ " Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico");</i></p>
<p><i>recomendacion_imc_hombre8</i></p>	<p><i>"De acuerdo a su IMC Ud. tiene un nivel de obesidad grado3, su peso ideal debería estar en</i></p>

	<p><i>" + peso_ideal_hombre + "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_actual - peso_ideal_hombre) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para perder peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de " + peso_promedio + " .Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico");</i></p>
<p><i>recomendacion_imc_mujer_8</i></p>	<p><i>"De acuerdo a su IMC Ud. tiene un nivel de obesidad grado2, su peso ideal debería estar en " + peso_ideal_mujer + "Kg, tiene una diferencia de " + (peso_actual - peso_ideal_mujer) + "Kg debe mejorar su plan alimenticio para perder peso. Su peso promedio en los últimos 4 semanas ha sido de " + peso_promedio + ". Revise las recomendaciones nutricionales para Ud. Consulte a su médico"</i></p>

Las recomendaciones de la Tabla 3-8 Descripción para recomendaciones para peso e IMC, muestran al paciente el nivel a que corresponde su IMC evaluando y mostrando el valor de su peso ideal, indicando cuanto le falta para llegar para obtener dicho peso, finalmente recomienda mejorar sus hábitos de alimentación y ejercicio presentando el promedio de sus últimas mediciones para que pueda tener una idea de su evolución.

- **Recomendación perfil lípido**

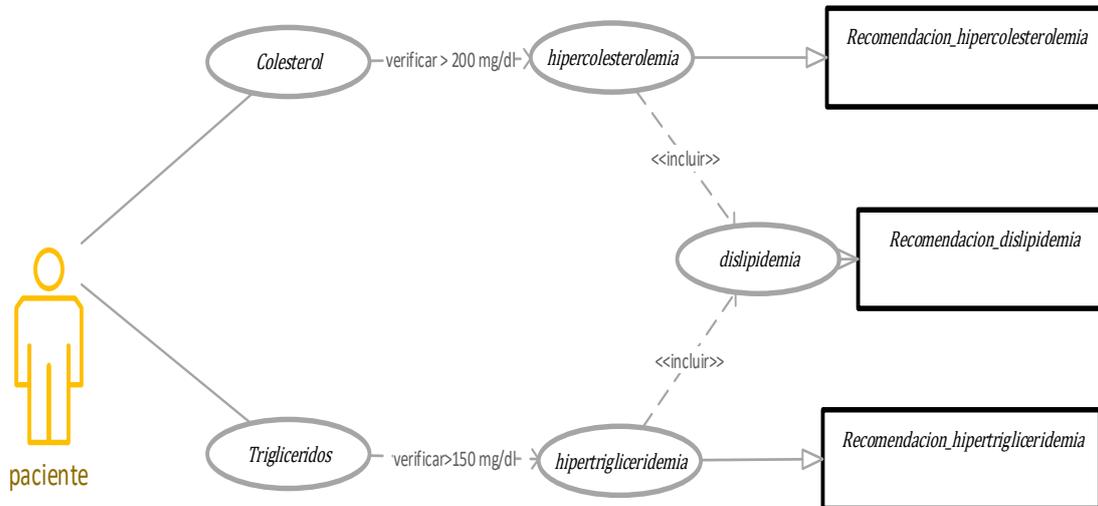


Figura 3-28 Árbol de reglas perfil lípido

Para este caso tenemos 3 recomendaciones que se realizan en base al análisis de los lípidos en la sangre del paciente conformados por el colesterol y los triglicéridos, niveles superiores a los límites normales ameritan tomar acciones para su disminución ya que la permanencia de estados altos puede derivar en problemas cardiovasculares, se ha elaborado un árbol de reglas de recomendaciones ver Figura 3-28, el cual representa las anomalías que se pueden presentar en los lípidos en la sangre, para el colesterol si los niveles superan los 200 mg/dl estamos hablando de una alteración conocida con hipercolesterolemia para lo cual el sistema deberá realizar la recomendación respectiva, de la misma forma cuando los triglicéridos están fuera de su límite normal mayor a 150 mg/dl estamos ante un caso hipertrigliceridemia, cuando ambos niveles están fuera de los límites se considera la presencia de una dislipidemia, la cual amerita su recomendación pertinente, todos estos escenarios se describen mediante reglas de recomendaciones en la Tabla 3-9 y la descripción de estas recomendaciones en la Tabla 3-10.

Tabla 3-9 Reglas de recomendaciones para colesterol y triglicéridos

<pre> If ((registro_colesterol_total >= 200) and registro_trigliceridos > 150)) then recomendacion_dislipidemia[] else recomendacion_hipercolesterolemia[]) else recomendacion_hipertrigliceridemia[] </pre>

Tabla 3-10 Descripción recomendaciones para perfil lípido

Descripción	Recomendaciones perfil lípido
<i>recomendacion_hipercolesterolemia</i>	<i>Usted tiene niveles elevados de colesterol LDL debe mejorar las actividades de su estilo de vida, los cuales consisten en la reducción del consumo de grasas saturadas realizar una mayor actividad física y reducción de peso, la actividad física y la alimentación saludable son intervenciones necesariamente interrelacionadas.</i>
<i>recomendacion_hipertrigliceridemia</i>	<i>Debe llevar una alimentación que proporcione los nutrientes esenciales y las calorías adecuadas. Evite el exceso de azúcar, carbohidratos y alimentos grasos. Realizar ejercicio aeróbico por lo menos 30 min, durante 5 días de la semana. Consulte a su médico para llevar tratamiento farmacéutico en caso de ser necesario.</i>
<i>recomendacion_dislipidemia.</i>	<i>Se debe reducir la ingesta total de grasas y la ingesta de grasas saturadas. La ingesta total de grasas debe reducirse hasta aproximadamente un 30% del total de calorías, y la de grasas saturadas a menos del 10% de la ingesta calórica total. La ingesta de ácidos grasos trans debe disminuirse al mínimo o incluso suprimirse, de modo que la mayoría de las grasas procedentes de la dieta sean poliinsaturadas (hasta el 10% de la ingesta calórica total) o monoinsaturadas (del 10% al 15% del total de calorías). <i>Realice al menos 30 minutos de actividad física moderada al día (por ejemplo caminar a paso rápido) repartidos durante el tiempo de ocio, las tareas cotidianas y el trabajo.</i></i>

- **Recomendación presión arterial y ritmo cardiaco (pulso)**



Figura 3-29 Árbol de reglas para recomendaciones de presión arterial y ritmo cardiaco

Las reglas de recomendaciones para la presión arterial y el ritmo cardiaco (pulso) se han representado gráficamente a través del árbol de reglas en la Figura 3-29 Árbol de reglas para recomendaciones de presión arterial y ritmo cardiaco el cual evalúa para estos indicadores el promedio diario de las tomas realizadas, con el propósito de determinar si el promedio ha alcanzado niveles altos o bajos considerables, mostrando además el nivel más alto y más bajo para la presión diastólica, la presión sistólica y el ritmo cardiaco o pulso obtenido de las mediciones, para esto se elaboraron reglas de recomendaciones expresadas en la Tabla 3-11.

Tabla 3-11 Reglas de recomendaciones presión arterial y pulso

<p><i>if ((promedio_presion_diastolica > 90) or (promedio_presion_sistolica > 140)) then Recomendación_presion_arterial_baja .</i></p> <p><i>if ((promedio_presion_diastolica < 60) or (promedio_presion_sistolica < 100)) then Recomendación_presion_arterial_alta.</i></p>

```

if ((promedio_ritmo_cardiaco < 60) then Recomendación_ritmo_cardiaco_bajo else
if ((promedio_ritmo_cardiaco >=60) and (promedio_ritmo_cardiaco <100)) then
Recomendación_ritmo_cardiaco_normal else if (promedio_ritmo_cardiaco >=100)
then Recomendación_ritmo_cardiaco_alto

```

En la Tabla 3-12 se describen las recomendaciones para la presión arterial y ritmo cardiaco, en función de las propuestas anteriormente.

Tabla 3-12 Descripción de las recomendaciones para presión arterial y ritmo cardiaco

Descripción	Recomendaciones presión arterial /ritmo cardiaco
<i>Recomendación_presion_arterial_alta</i>	"Se ha detectado en el día un promedio alto de su presión arterial siendo los valores más elevados en el día: "+presion_sistolica_mas_alta_dia+" para la presión sistólica (ALTA) y "+presion_diastolica_mas_alta_dia+"para la presión diastólica (BAJA). Se recomienda disminuir el consumo de sal en sus comidas, limitar el consumo de bebidas alcohólicas, suspender el hábito de fumar, realice ejercicio regularmente, consuma una dieta saludable.
<i>Recomendación_presion_arterial_baja</i>	"Se ha detectado en el día un promedio bajo de su presión arterial siendo los valores mínimos en el día: "+presion_sistolica_mas_baja_dia+" para la presión sistólica (ALTA) y "+presion_diastolica_mas_baja_dia+"para la presión diastólica (BAJA). Se recomienda tomar agua con mayor regularidad, limitar el consumo de bebidas alcohólicas, suspender el hábito de fumar, consuma una dieta saludable. Consulta con tu

	<i>médico si este efecto puede ser producido por algún medicamento prescrito.</i>
<i>Recomendación_ritmo_cardiaco_normal</i>	<i>"Se ha detectado en el día un promedio normal de su ritmo cardiaco. Se recomienda, mantener una dieta saludable y su actividad física diaria".</i>
<i>Recomendación_ritmo_cardiaco_bajo</i>	<i>"Se ha detectado en el día un promedio alto de su ritmo cardiaco siendo los valores más elevados en el día: "+ritmo_cardiaco_mas_alto_dia+". Se recomienda disminuir el consumo de sal en sus comidas, limitar el consumo de bebidas alcohólicas, suspender el hábito de fumar, realice ejercicio regular, consuma una dieta saludable.</i>
<i>Recomendación_ritmo_cardiaco_alto</i>	<i>"Se ha detectado en el día un promedio bajo de su presión arterial siendo los valores mínimos en el día: "+ritmo_cardiaco_mas_alto_dia +". Se recomienda tomar agua con mayor regularidad, limitar el consumo de bebidas alcohólicas, suspender el hábito de fumar, consuma una dieta saludable .Consulta con tu médico si este efecto puede ser producido por algún medicamento prescrito.</i>

3.1.2. Aplicación Móvil

El siguiente módulo de la arquitectura corresponde al módulo aplicación móvil que comprende el monitor de salud y el autogestor de enfermedades crónicas, ambos se relacionan y son utilizado por los pacientes y médicos para este último se desarrolló una aplicación web que permite a los médicos realizar un seguimiento basado en la información recolectada a través de las interfaces móviles, para esto se debe cumplir con características básicas de fácil uso, seguridad, y eficiencia permitiendo la creación

y administración de perfiles utilizando cuentas individuales para cada paciente y en el caso de la aplicación web se permite el registro de médicos clasificados por especialidades, de tal forma que el paciente pueda seleccionar el especialista de su preferencia, así mismo el médico podrá visualizar a través de la aplicación web, toda la información de sus pacientes y recibir alertas y recomendaciones en caso de detectarse situaciones que puedan poner en riesgo la salud del paciente.

3.1.2.1. Validación de autogestor de salud

El aplicativo móvil permite crear una cuenta de usuario única que el paciente utilizara de forma permanente para el ingreso a posterior de los parámetros de salud, para el propósito debe ingresar su nombre apellido y correo electrónico el cual será utilizado para que el usuario pueda activar el usuario una vez que finalice el proceso de registro, seguidamente debe ingresar su password que le permitirá la autenticación a los servicios del aplicativo ver Figura 3-30.

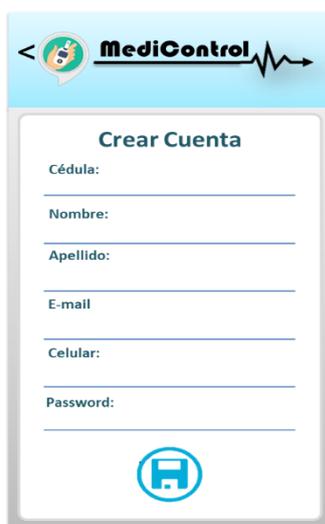


Figura 3-30 Perfil de usuario

Para completar el registro el usuario debe ingresar sus parámetros iniciales como por ejemplo la fecha de nacimiento para determinar exactamente su edad, otros parámetros normalmente conocidos por el usuario como son su peso y altura, dado que el aplicativo está orientado a la diabetes se sugiere al paciente ingresar la pre-existencia de la misma, dado que existen mediciones que difieren de un sexo a otro, es necesario que ingrese el sexo ver Figura 3-31, finalmente se considera pertinente el ingreso del contacto celular y la ubicación o país de residencia del usuario con lo cual se crea el registro del usuario en la base de datos.

MediControl

Parámetros Iniciales

Año Nacimiento: _____

Peso: _____ Estatura: _____ mts.

Hombre Mujer

E-mail: _____

Celular: _____

Tipo de Diabetes: Tipo 1 Tipo 2

Figura 3-31 Parámetros iniciales

3.1.2.2. Monitoreo del paciente

En este módulo se pueden visualizar y revisar los principales indicadores de salud de cada paciente como son: peso, pulso, insulina suministrada, el nivel de glucosa, la medicación suministrada, la presión arterial, las rutinas de ejercicios realizadas y otras enfermedades preexistentes ver Figura 3-32, con esta información el médico puede realizar una evaluación más precisa respecto al estado de salud del paciente, permitiendo la comunicación en línea con el paciente a través de alertas al dispositivo móvil, respecto a diagnósticos que ameriten una atención inmediata, también se ha considerado una valiosa herramienta de información para el especialista como son gráficos estadísticos para monitorear las alteraciones en periodos de tiempo, que puede tener un paciente sobre los principales indicadores descritos previamente.



Figura 3-32 Menú de consulta de indicadores

En la Figura 3-33 se presenta una de las opciones generales de consulta donde el médico puede visualizar el listado de los pacientes que le han sido asignados para lo cual se despliega una pantalla con la información más relevante de un paciente como su identificación, nombre, contacto celular, edad, sexo, estado civil y su dirección de correo, así también el médico puede realizar una búsqueda por nombre en caso de requerir una búsqueda específica.

Consulta Paciente	CONSULTA DE PACIENTES ASIGNADOS					
Monitoreo Global	búsqueda por nombre de paciente					
Analisis Sentimiento	Mostrar 10 registros					
ID	NOMBRE DEL PACIENTE	TELEFONO	EDAD	SEXO	ESTADO CIVIL	EMAIL
46	RODRIGUEZ AVEIGA ERNESTO	999521173	32	M	CASADO	ernesto_aveiga_17@yahoo.com
18	IGLESIAS ASTUDILLO LUCY NATALY	993193953	45	F	CASADO	luciane_0876@hotmail.com
3	ORTIZ VELASQUEZ LISSETE ARIANA	982076237	40	F	DIVORCIADO	lisisita_777@gmail.com
36	SUAREZ PALMA LETICIA MARJORIE	960896650	64	F	VIUDO	marjorie_suarez@outlook.com
51	PALMA SUAREZ ESTHER CECILIA	960896650	31	F	CASADO	ceciestherpalma@gmail.com
21	PELAEZ TERAN JACOB ANDERSON	994297193	51	M	CASADO	andy_jacob_33@hotmail.com
65	BARCO VELIZ BENITA BELLA	994791716	63	F	VIUDO	bellitabarco@gmail.com
12	SALAZAR PEREZ SONIA ELIANA	982751838	45	F	CASADO	soniasalazarperez@yahoo.es
44	VILLACIS GARCIA CARLOTA LUISA	990409900	39	M	CASADO	quitalisitav@hotmail.com
63	ROJAS AYALA ALBERTO JUAN	967464836	52	F	CASADO	juanita_rojas_ayala@gmail.com
Anterior						Siguiente

Figura 3-33 Consulta general de pacientes asignados

Dentro de las consultas generales es posible realizar un monitoreo de indicadores específicos de salud de todos los pacientes asignados, y determinar el estado actual en base al último registro, en la Figura 3-34 se muestra una consulta del IMC de los pacientes, donde se detalla el nombre del paciente, la fecha del último registro, el valor ingresado de IMC y el sistema en base a las reglas definidas lo clasifica en una categoría correspondiente.

INFORME IMC DE DIABETICOS			
Mostrar 10 registros	Buscar búsqueda por nombre de paciente		
NOMBRE DEL PACIENTE	FECHA	IMC	CLASIFICACIÓN
RODRIGUEZ AVEIGA ERNESTO	28/6/2019	30	OBESIDAD GRADO 1
IGLESIAS ASTUDILLO LUCY NATALY	21/6/2019	35	OBESIDAD GRADO 2
ORTIZ VELASQUEZ LISSETE ARIANA	25/6/2019	28	SOBREPESO
SUAREZ PALMA LETICIA MARJORIE	28/6/2019	25	SOBREPESO
PALMA SUAREZ ESTHER CECILIA	27/6/2019	36	OBESIDAD GRADO 2
PELAEZ TERAN JACOB ANDERSON	21/6/2019	20	NORMAL
BARCO VELIZ BENITA BELLA	24/6/2019	21	NORMAL
SALAZAR PEREZ SONIA ELIANA	23/6/2019	23	NORMAL
VILLACIS GARCIA CARLOTA LUISA	22/6/2019	18	PESO BAJO LEVE
ROJAS AYALA ALBERTO JUAN	28/6/2019	26	SOBREPESO

Figura 3-34 Informe General de IMC

En la Figura 3-35 se puede observar otra consulta general esta vez relacionada con la presión arterial de los pacientes, mostrándose los valores de la presión sistólica y diastólica, cuyos valores son categorizados por la aplicación para determinar el rango específico al que pertenece que como se definió en la reglas de la sección anterior tiene clasificaciones y sub-clasificaciones que van desde muy baja (hipotensión) hasta muy alta (hipertensión), de esta manera el especialista puede determinar en un momento dado que paciente presenta niveles de riesgos en la presión arterial y realizar una evaluación pormenorizada de este y otros indicadores a través de las consultas específicas.

CONSULTA GENERAL PRESION ARTERIAL				
Mostrar	10	registros	Buscar	<input type="text"/>
NOMBRE DEL PACIENTE	FECHA	PRESION SISTÓLICA	PRESIÓN DIASTÓLICA	CLASIFICACION P.A
RODRIGUEZ AVEIGA ERNESTO	28/6/2019	130	87	NORMAL ALTA
IGLESIAS ASTUDILLO LUCY NATALY	21/6/2019	150	92	ALTA LEVE
ORTIZ VELASQUEZ LISSETE ARIANA	25/6/2019	137	93	NORMAL ALTA
SUAREZ PALMA LETICIA MARJORIE	28/6/2019	140	92	ALTA LEVE
PALMA SUAREZ ESTHER CECILIA	27/6/2019	126	85	NORMAL
PELAEZ TERAN JACOB ANDERSON	21/6/2019	145	95	ALTA LEVE
BARCO VELIZ BENITA BELLA	24/6/2019	135	90	NORMAL ALTA
SALAZAR PEREZ SONIA ELIANA	23/6/2019	126	85	NORMAL
VILLACIS GARCIA CARLOTA LUISA	22/6/2019	125	86	NORMAL
ROJAS AYALA ALBERTO JUAN	28/6/2019	127	74	NORMAL

Figura 3-35 Informe General de la Presión Arterial

Para que el especialista pueda personalizar la revisión médica de un paciente se ha definido consultas específicas para los principales indicadores de salud, en la Figura 3-36 podemos obtener los valores del último registro del paciente de su IMC, no obstante el sistema también permitirá realizar una consulta por rango de fechas estableciendo una fecha de inicio y de final de la consulta, se ha previsto que los pacientes ingresen permanentemente los valores de IMC, sin embargo, para poder tener una evaluación de tendencia se ha considerado repetir el último valor en caso de que el paciente no haya ingresado el valor de un día determinado. Con la revisión de las estadísticas queda a criterio del médico generar un comentario a través de la aplicación, el cual llegara al dispositivo móvil del paciente para que tome las consideraciones pertinentes.

Consulta Paciente
Monitoreo Global
Analisis Sentimiento

Control IMC

Información de Paciente

Nombre del Paciente SALAZAR TERAN MAXIMO EMILIANO	Ficha Médica 202
Última Fecha Registrada martes , 30 de julio de 2019	Último resultado de IMC 28

Información de Paciente

Fecha desde 1/ 6/2019	Ver detalle	Fecha Hasta 30/ 7/2019
<input type="button" value="Consultar"/>		<input type="button" value="Imprimir"/>

Comentario

Ingresar Comentario

Figura 3-36 Consulta específica de IMC por rango de fechas

En la Figura 3-37 se puede observar el resultado de la consulta realizada previamente donde se aprecia claramente una tendencia de disminución de los valores del IMC de 34 OBESIDAD GRADO1 a IMC de 28 SOBREPESO, sin embargo, se evidencian periodos en que el IMC se mantuvo constante, con este análisis el médico puede determinar si la evolución ha sido significativa y tener una mejor interpretación del tratamiento asignado.

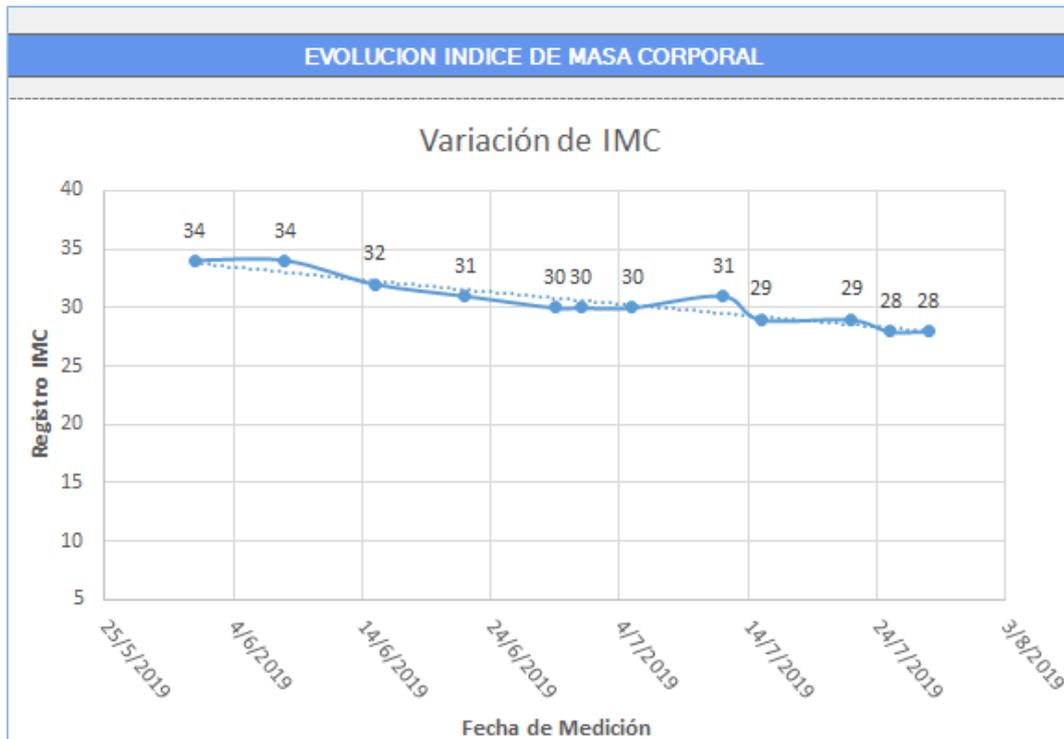


Figura 3-37 Gráfica de variación de IMC de un paciente

Un parámetro importante a tener en cuenta para el estudio clínico del paciente tiene que ver con la presión arterial con sus dos variables sistólica y diastólica en la Figura 3-38 se muestra la fecha y el valor del último registro, nuevamente se establece el rango objeto de estudio y se activa el botón de consulta para generar la información requerida. Así mismo el médico podrá elaborar un comentario al paciente en caso de considerarlo necesario.

Consulta Paciente	<h1>Control Presión Arterial</h1>		
Monitoreo Global			
Analisis Sentimiento			
Información de Paciente			
Nombre del Paciente SALAZAR TERAN MAXIMO EMILIANO		Ficha Médica 202	
Última Fecha Registrada martes , 30 de julio de 2019		Último registro:	Sistólica 128
			Diastólica 86
Información de Paciente			
Fecha desde 1/ 6/2019		Fecha Hasta 30/ 7/2019	
Consultar		Ver detalle	Imprimir
Comentario			
Ingresar Comentario			
Enviar			

Figura 3-38 Consulta específica de la presión arterial por rango de fechas

Una vez realizada la consulta de la presión arterial se genera un gráfico ver Figura 3-39 Gráfica de variación de la presión arterial de un paciente, en el cual es posible observar las variaciones de la presión arterial sistólica y diastólica, esta presentación permite al médico determinar picos que puedan estar fuera del rango normal y decidir una revisión más detallada junto con otros indicadores como la glucosa, colesterol que pueden poner en riesgo la salud del paciente.

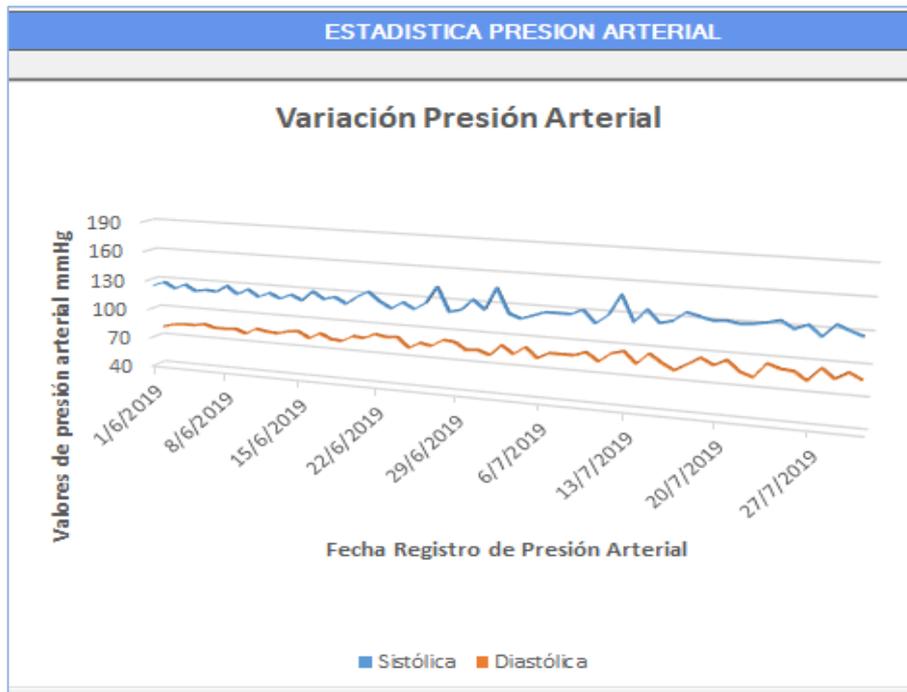


Figura 3-39 Gráfica de variación de la presión arterial de un paciente

La aplicación también permite elegir una representación gráfica de tipo agrupada ver Figura 3-40 , de tal manera que el médico pueda realizar un comparativo más preciso entre los valores de presión arterial registrados en la base de datos del paciente.

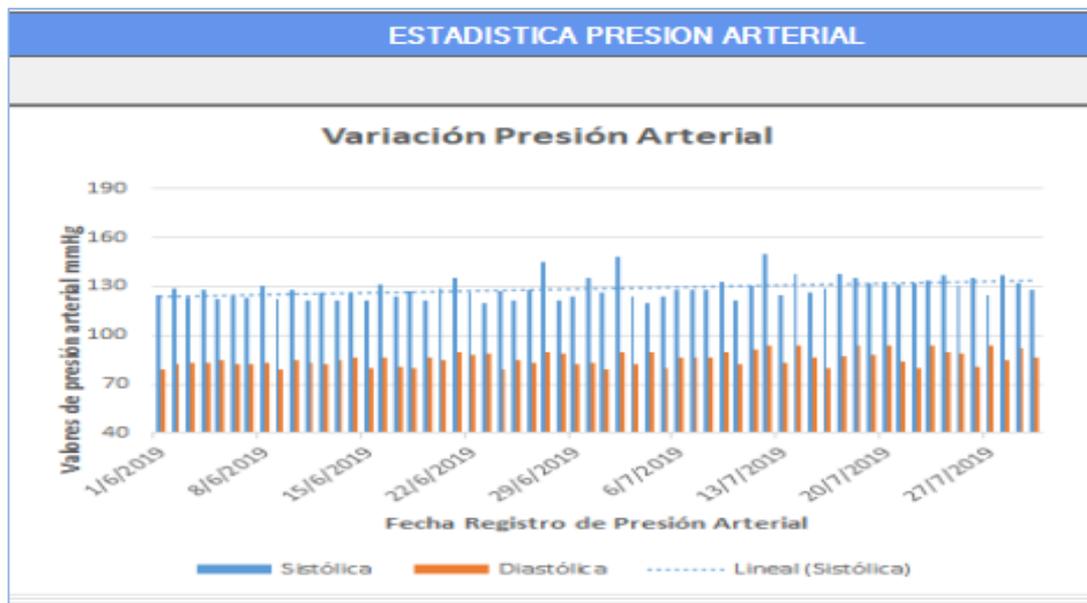


Figura 3-40 Gráfico agrupado de la variación presión arterial de un paciente

Otro indicador importante a monitorear son los niveles de azúcar en la sangre determinado por los valores de glucosa que se obtienen de las tomas diarias realizadas por los pacientes tomando en consideración que existen variaciones si las mismas son tomadas en ayunas o después de ingerir alimentos en la Figura 3-41 se observa la ejecución de esta consulta en un rango específico de fechas.

The screenshot shows a web application interface for 'Control Glucosa'. On the left, there is a sidebar with three menu items: 'Consulta Paciente', 'Monitoreo Global', and 'Análisis Sentimiento'. The main content area is titled 'Control Glucosa' and is divided into several sections:

- Información de Paciente:** This section contains two rows of data. The first row has 'Nombre del Paciente' (SALAZAR TERAN MAXIMO EMILIANO) and 'Ficha Médica' (202). The second row has 'Última Fecha Registrada' (martes, 30 de julio de 2019), 'Último resultado:' (91), 'En ayunas' (91), and 'Dos horas después de comer' (162).
- Información de Paciente (Date Selection):** This section allows for date selection. It has 'Fecha desde' (15/ 7/2019) and 'Fecha Hasta' (30/ 7/2019). Below these are buttons for 'Consultar', 'Ver detalle', and 'Imprimir'.
- Comentario:** This section has a text input field labeled 'Ingresar Comentario' and an 'Enviar' button.

Figura 3-41 Consulta específica de la glucosa por rangos de fecha

La Figura 3-42 presenta un gráfico agrupado de barras en donde el médico pueda observar la variación en el tiempo de los niveles de glucosa así como revisar si los niveles tanto en ayuna como después de la comida presenta variaciones significativas que ameriten una intervención inmediata del especialista.

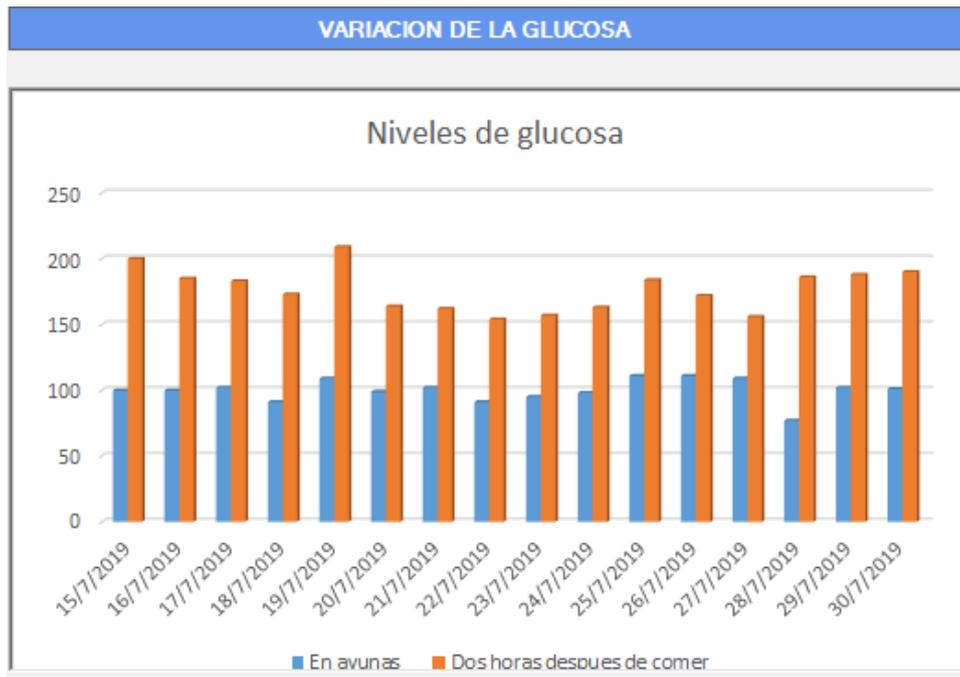


Figura 3-42 Gráfica de variación de la glucosa en paciente

Un indicador común que va estrechamente relacionado con la diabetes y que tiene que ver con desordenes metabólicos del paciente, son los niveles de colesterol y triglicéridos los cuales en niveles elevados como ya estudiamos previamente pueden generar problemas cardiovasculares y cerebrovasculares y en ciertos casos una afectación al páncreas con alto riesgo de la vida del paciente, en la Figura 3-43 se muestran los últimos resultado obtenidos de este indicador así como el establecimiento de consultas por rango de fechas.

Consulta Paciente

Monitoreo Global

Analisis Sentimiento

Control Colesterol y Triglicéridos

Información de Paciente

Nombre del Paciente SALAZAR TERAN MAXIMO EMILIANO	Ficha Médica 202				
Última Fecha Registrada martes . 30 de julio de 2019	Último resultado: <table style="display: inline-table; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">Colesterol</td> <td style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">165</td> <td style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">Triglicéridos</td> <td style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;">140</td> </tr> </table>	Colesterol	165	Triglicéridos	140
Colesterol	165	Triglicéridos	140		

Información de Paciente

Fecha desde
1/ 5/2019

Consultar

Fecha Hasta
30/ 7/2019

Ver detalle

Imprimir

Comentario

Ingresar Comentario

Enviar

Figura 3-43 Consulta específica de Colesterol y Triglicéridos por rangos de fechas

En la Figura 3-44 se puede apreciar un gráfico horizontal de barras que permite observar con claridad si los niveles de colesterol y triglicéridos están en los límites normales así como la variación en el tiempo de este indicador.

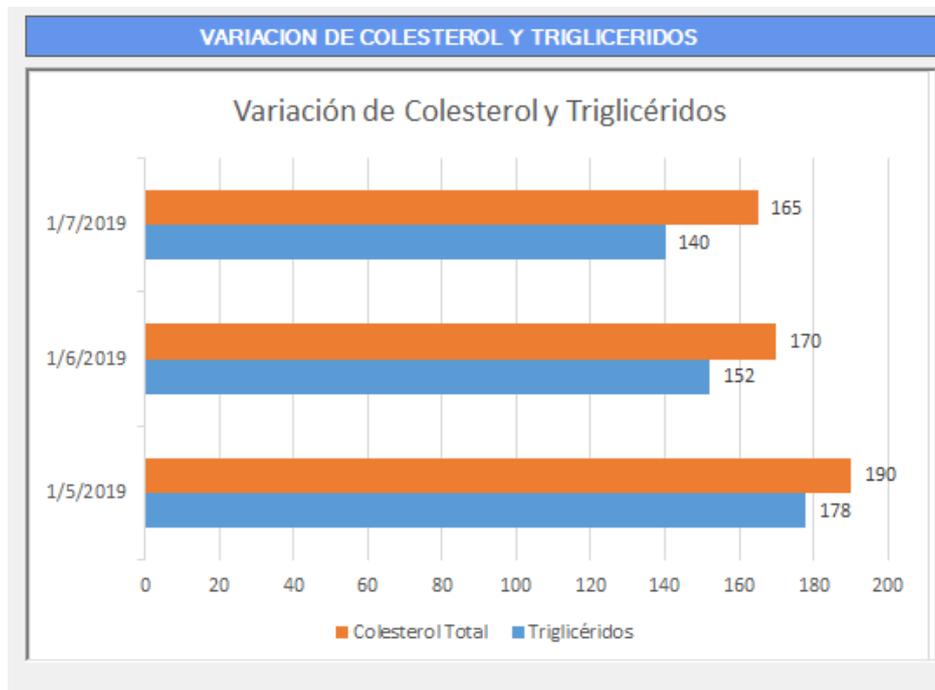


Figura 3-44 Gráfica de variación de Colesterol y Triglicéridos de un paciente

Capítulo 4 Validación

4.1. Descripción del proceso de validación

Para la verificación de los resultados se ha tomado en consideración la colaboración de personas que padecen alguna de las enfermedades que tienen una relación o que son una consecuencia de la diabetes tipo II catalogada como una enfermedad crónica no transmisible, estas enfermedades relacionadas son la presión arterial, la obesidad, el tiempo que se ha destinado para las pruebas corresponde a un lapso de 90 días desde 2 mayo hasta 30 de Julio 2019, lapso durante el cual se han estudiado 45 pacientes de entre 40 y 60 años diagnosticados con diabetes tipo II, es preciso recordar que el tratamiento y control de esta enfermedad es de tipo ambulatorio y no en todos los casos requiere de hospitalización sino más bien su control depende del cambio de hábitos saludables que un paciente pueda llevar en su casa o en su vida cotidiana respecto a la alimentación , ejercicio y toma de medicación prescrita por el especialista.

Todos los individuos que participaron en este estudio viven en la ciudad de Guayaquil la cual está a 4 metros sobre el nivel del mar con un clima que oscila en 21 a 31 grados centígrados la mayor parte de ellos son de raza mestiza, y de acuerdo a estudios realizados en el 2017 por el INEC la diabetes mellitus corresponde a la segunda causa de muerte en dicha población, la tasa de médicos por cada diez mil habitantes es de 19,9 lo que es insuficiente para la atención efectiva general de esta población en relación a las otras provincias del país por lo que medidas preventivas de la enfermedad suponen un alivio a la sociedad.

Partiendo de esta premisa se hizo conocer a los pacientes a participar en el estudio las facilidades que pueden obtener al utilizar las aplicaciones móviles y web, y que para el efecto solo requieren de un dispositivo móvil y conexión a internet, los pacientes accedieron a que se les instale el aplicativo en sus dispositivos y a participar en una pequeña capacitación en la cual se definiría un usuario y password, y se complementaría con información inicial básica como fecha de nacimiento, sexo, entre otra.

Durante la inducción se realizaron pruebas de funcionalidad de acceso, envió de correo electrónico, mensajes SMS para garantizar la correcta comunicación entre

pacientes, médicos y responsables técnicos de las aplicaciones. Se hizo a conocer a los usuarios la opción de ayuda incorporada a la aplicación y con quien contactarse técnicamente en caso de presentarse algún incidente que les fuese difícil superar.

Se establecieron los parámetros iniciales para los principales indicadores de salud abordados en este estudio, para poder realizar un comparativo al final del periodo de evaluación respecto a la evolución de los pacientes y su adherencia al tratamiento de la diabetes tipo II.

Con una carga inicial de los principales indicadores de salud el sistema pudo activar las alertas y recomendaciones particulares para cada caso, tomando en cuenta los valores referenciales establecidos en la descripción de las reglas y recomendaciones del capítulo II, no se desestimó tomar en consideración las reglas asociadas al estado de ánimo, alimentación y ejercicios, más bien su prevalencia es analizada de forma objetiva para el estudio realizado.

Para el estudio fue posible contar con la participación de 5 médicos 2 especialistas en endocrinología, y 3 médicos generales estos últimos dirigidos por los médicos especialistas que estarán prestos a atender cualquier consulta médica que se presentare en un paciente particular, el estudio se desarrolló en una empresa que brinda servicios de salud privada ambulatoria interesada en la innovación de los servicios de salud y que dispone de la infraestructura de laboratorios y demás beneficios para sus pacientes.

En la Tabla 4-1, se muestra la cantidad y distribución de los pacientes a estudiar tomando como datos relevantes la media de la edad, y la diferenciación del sexo masculino y femenino, por otro lado considerando que el estudio se centra en el tratamiento de la diabetes todos los pacientes tienen asociada esta enfermedad crónica, no obstante para el estudio se ha relacionado enfermedades preexistentes que pueden agravar la condición del paciente diabético como son la hipertensión arterial y la obesidad.

Tabla 4-1 Distribución de los pacientes

	Participantes	Edad Promedio	Enfermedades crónicas preexistentes		
			Diabetes mellitus	Hipertensión Arterial	Obesidad
Hombres	13	49.9	13	4	6
Mujeres	22	47.3	22	7	10
Total	35	48.6	35	11	16

En la Tabla 4-2, se muestran los valores promedios de los indicadores de salud de la glucosa, presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, e IMC registrados en los últimos 2 meses previo a la utilización del MediControl.

Tabla 4-2 Promedio de indicadores de salud glucosa, presión arterial y obesidad

	Promedio niveles de glucosa	Promedio Presión Arterial		Promedio IMC
		Sistólica	Diastólica	
Hombres	152	128.3	83	28.8
Mujeres	161	132.8	85.7	30.25

En la Tabla 4-3, se considera el promedio del grupo de los pacientes que han sido diagnosticados con problemas de presión arterial.

Tabla 4-3 Promedio presión arterial grupo de pacientes con preexistencia de hipertensión

Promedio Presión Arterial Hipertensos		
	Sistólica	Diastólica
Hombres	136.75	91.7
Mujeres	151.7	92.28

El promedio de los valores de IMC del grupo de personas diagnosticadas con algún grado de obesidad se muestra en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4 Promedio IMC grupo de pacientes con preexistencia de obesidad

Promedio IMC personas obesas	
	IMC
Hombres	31.1
Mujeres	33.8

Durante la ejecución de las pruebas de validación como consta en la Tabla 4-5, observamos que se han realizado 7560 mediciones para la diabetes y considerando que estas mediciones son diarias el análisis revela que en promedio los pacientes realizaron al menos 2.4 mediciones diarias de los niveles de glucosa, la cantidad de mediciones para la presión arterial sistólica y diastólica se sitúa en valores similares de medición ya que son tomadas de manera simultánea siendo su promedio de toma de 1.22 veces en el día, dado que el IMC no es un indicador diario se puede observar una media semanal de 1.32 con un total de 571 tomas durante el periodo de evaluación.

Tabla 4-5 Cantidad de mediciones y frecuencia por indicador de salud

	# de mediciones	Media diaria por paciente	Media semanal por paciente
Glucosa	7560	2.4	-
Presión arterial sistólica	3842	1.22	-
Presión arterial diastólica	3842	1.22	-
IMC	571		1.36

En la Tabla 4-6, se muestran las alertas que han sido generadas por el sistema durante el periodo de evaluación.

Tabla 4-6 Cantidad de alertas generadas

Indicador	# alertas
Glucosa	8343
Presión arterial sistólica	1208
Presión arterial diastólica	1123
IMC	261

4.1.1. Evolución del IMC en paciente

Durante el periodo de estudio se observa en la Figura 4-1, una disminución del IMC dado que el paciente inicio con un IMC de 32.4 ubicado en la categoría de obesidad grado1 y al final del periodo se aproxima a una categoría de sobrepeso con un IMC de 30.2, lo que a nivel de indicador conlleva a una disminución paulatina del peso, para este paciente en particular el sistema activo 23 alertas relacionadas con la realización de actividad física y llevar una dieta saludable lográndose un resultado favorable para el paciente.

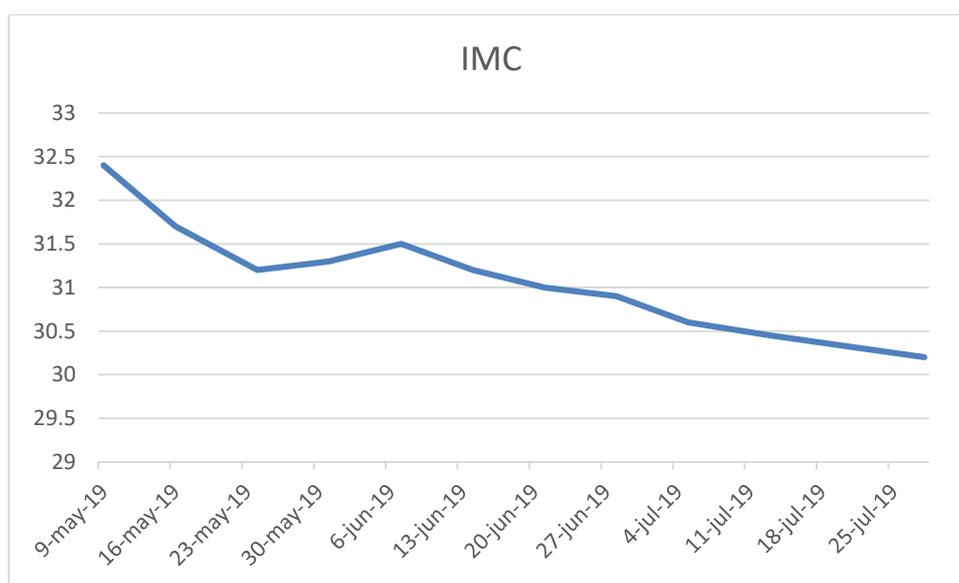


Figura 4-1 Evolución de IMC de paciente

4.1.2. Evolución de la glucosa en paciente

En la Figura 4-2, se muestran las variaciones de un paciente que ha tenido un registro continuo de sus niveles de glucosa, inicialmente se observan picos que fluctúan entre niveles de riesgos hiperglucemia mayor a 180 mg/dl a hipoglucemia con valores inferiores a 80 mg/dl, sin embargo, luego del primer mes se observa una estabilidad en dichos niveles con rangos y niveles de menor riesgo para la salud del paciente, particularmente a este usuario el sistema le ha proporcionado 194 alertas que le permitan mejorar su control de la glicemia y la evolución descrita evidencia un factor positivo del uso de la tecnología en el control y seguimiento de este indicador.

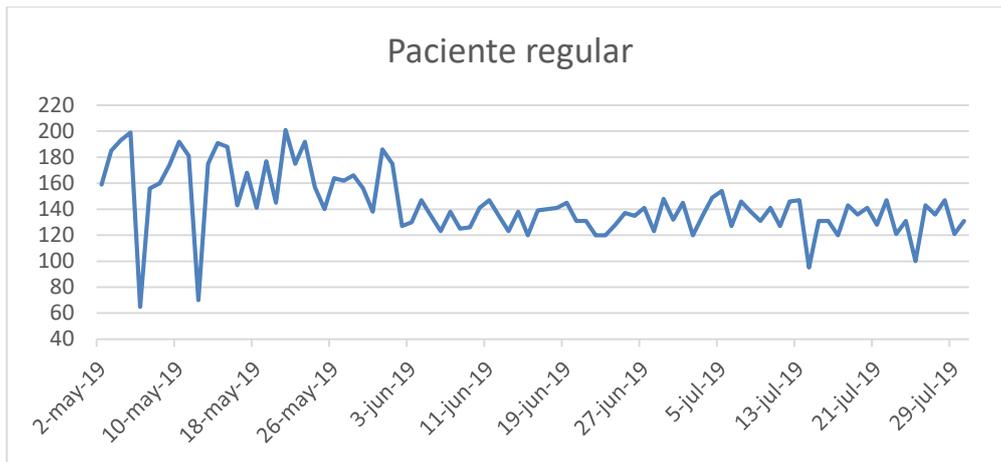


Figura 4-2 Evolución de la glucosa en paciente

En la Figura 4-3, se realiza un comparativo entre un usuario regular que utiliza la plataforma de manera permanente y un usuario irregular que utiliza la plataforma eventualmente, en este aspecto podemos destacar que el paciente regular mantiene un mejor control respecto a los niveles de glucosa mientras el paciente irregular mantiene niveles pico de hipoglucemia e hiperglicemia a lo largo del todo periodo de evaluación, lo que evidencia un aspecto positivo del uso de las alertas y recomendaciones definidas en la plataforma inteligente.

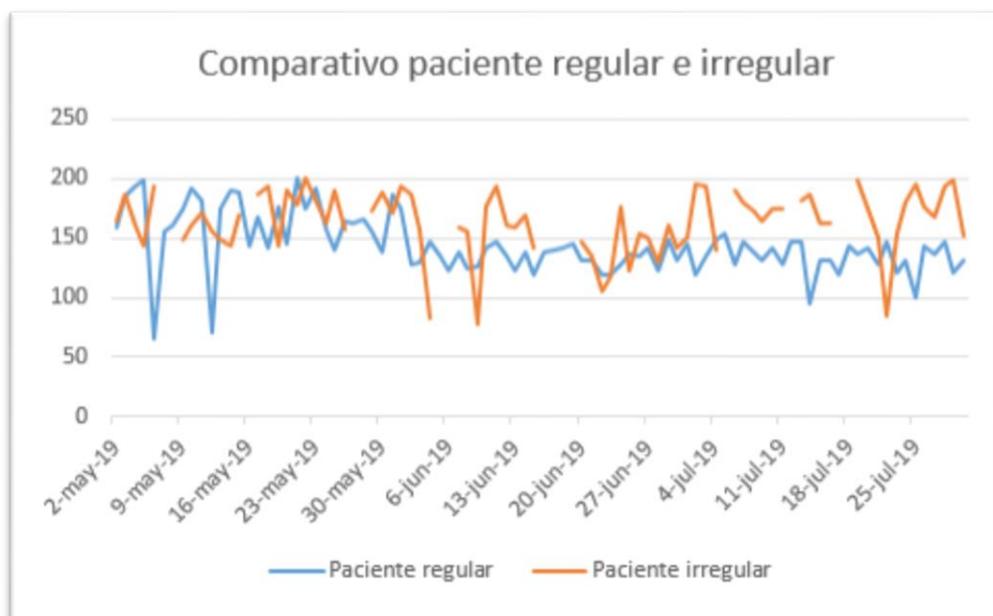


Figura 4-3 Comparativo entre paciente regular e irregular en el uso de la plataforma de autogestión

4.1.3. Evolución de la presión arterial en paciente

Durante el estudio se seleccionó a un paciente que tiene problemas de hipertensión padecimiento que conlleva a que las personas tengan picos altos y bajos fuera del rango normal lo cual asociado a factores de obesidad y diabetes ponen en alto riesgo la salud del paciente, en la Figura 4-4, observamos que en periodos iniciales la presión denominada sistólica o alta se inicia en niveles elevados conforme el usuario utiliza la herramienta de autogestión de la salud disminuyen los picos altos y bajos, al final del periodo de evaluación la presión sistólica y sus rangos de variación se mantienen constantes y en niveles de menor riesgo, para el caso de la presión diastólica se repite este patrón favorable, para ambos casos la aplicación genero 47 alertas, 39 automáticas y 7 realizadas por el médico especialista, con estos detalles podemos concluir que hubo aspectos positivos en el uso de la herramienta tecnológica para el control y seguimiento de la presión arterial.

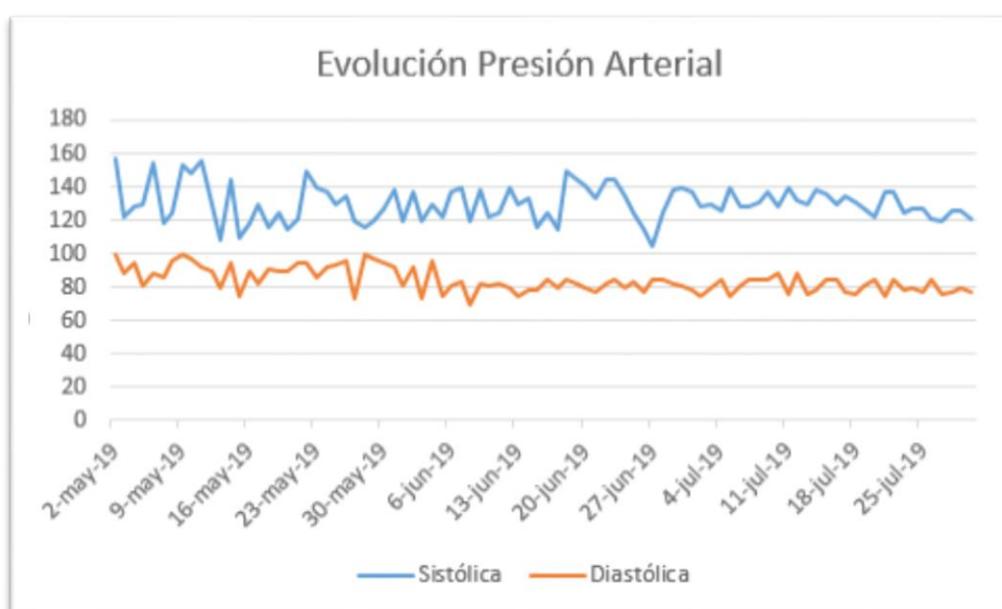


Figura 4-4 Evolución de la presión arterial en paciente

Como una medida referencial vamos a comparar los promedios generales de los niveles glucosa, presión arterial e IMC, como podemos observar comparados con los promedios iniciales y los resultados al final de la evaluación. En la Tabla 4-7, podemos observar que existe una disminución en los niveles de glucosa para ambos sexos, lo mismo sucede con la presión arterial y el IMC.

Tabla 4-7 Promedio de indicadores de salud posterior a periodo de evaluación

	Promedio niveles de glucosa	Promedio Presión Arterial		Promedio IMC
		Sistólica	Diastólica	
Hombres	147.3	125.2	82.4	27.9
Mujeres	154.7	127.1	84.3	30.17

Por otro lado, para tener una visión menos general se han comparado los promedios, de aquellos pacientes que tenían preexistencia de hipertensión y problemas de sobrepeso u obesidad. En la Tabla 4-8, se observa una disminución de los niveles de presión arterial sistólica y diastólica para ambos sexos.

Tabla 4-8 Promedio de la presión arterial posterior al periodo de evaluación en pacientes con preexistencia

Promedio Presión Arterial Hipertensos		
	Sistólica	Diastólica
Hombres	132.8	86.4
Mujeres	141.6	88.1

En la Tabla 4-9, también observamos una disminución positiva del IMC para ambos sexos en comparación con los estados iniciales.

Tabla 4-9 Promedio del IMC posterior al periodo de evaluación en pacientes con preexistencia

Promedio IMC personas obesas	
	IMC
Hombres	29.1
Mujeres	30.1

Luego del periodo de evaluación se revisaron las evidencias, las entrevistas a médicos y pacientes, reportes de salud y estadísticas para determinar lo efectivo que ha sido el uso de la herramienta MediControl para mejorar las condiciones de salud de los pacientes que fueron parte del estudio para lo cual se llegó a las siguientes conclusiones.

- **Los indicadores de salud analizados han presentado resultados positivos evidentes a través de la autogestión de la salud.**

Los usuarios parte del estudio han demostrado una mayor predisposición al seguimiento y tratamiento de su enfermedad, la gestión de alertas, el sistema de recomendaciones y la interacción con los médicos a través de la plataforma ha permitido mejorar en un grado aceptable la condición de los pacientes, esto es posible afirmar de acuerdo al análisis de la información obtenida que se basa en la disminución en los niveles de glucosa, reducción del IMC, y estabilidad de la presión arterial.

- **Los pacientes demostraron una mayor adherencia al tratamiento de la enfermedad utilizando la herramienta de autogestión de la salud.**

El uso continuo de la herramienta de autogestión ha permitido al paciente tener un mayor compromiso con el tratamiento y control de su enfermedad, la motivación se ha visto reflejada en los cambios de estado de ánimo, reflejados en los reportes estadísticos, que al poder evidenciar mediante graficas su propia evolución, en la mayoría de los casos positiva, conlleva a tener una mayor predisposición al ingreso de sus indicadores de salud. Si bien es cierto al inicio de la evaluación los usuarios fueron guiados, en poco tiempo fue posible lograr una independencia respecto al manejo del sistema de autogestión, lo que evidencia su fácil adaptación al uso diario que le puedan dar, el uso de la tecnología no fue factor limitante para conseguir los resultados esperados ya que si bien es cierto el promedio de edad fue de personas adultas su adaptabilidad fue un factor predominante en la continuidad del estudio, la tasa media de las mediciones realizadas por los pacientes afirma esta conclusión.

La institución en la que se realizó el estudio ha observado con atención los resultados obtenidos y visualiza una oportunidad de negocio en la medicina preventiva, apoyada en sistemas de recomendaciones y dirigida por empresa especializadas en salud, a través de paquetes de seguros de salud que incorporan el uso de sistemas de recomendaciones en la atención a sus usuarios como un valor agregado a sus servicios.

- **La incorporación de más técnicas como la gamificación ayudaría a incorporar otros grupos de pacientes.**

A más de la familiarización de los usuarios con el funcionamiento del sistema, de recomendaciones también les ha parecido interesante el manejo del sistema de recompensas ya que cada vez que obtienen una evaluación positiva de su condición de salud, el sistema o el médico le asigna una estrella de bonificación, siendo las 5 estrellas el nivel más alto, a pesar que esta técnica se la está utilizado en sus inicios, es claro , que a más de ayudar a integrarse a este grupo de pacientes, es posible desarrollar más técnicas de gamificación especialmente dirigida a niños y jóvenes, de tal manera que encuentren en la herramienta una forma más dinámica de interacción, basadas en juegos y retos orientados a hacer un uso más entretenido de la aplicación, ya que la atención y percepción es muy diferente entre los diversos grupos especialmente cuando están definidos por edades. Es posible concluir entonces que para una generalización del uso de la aplicación es precisa la incorporación de nuevas técnicas al sistema que permitan una mejor adaptación.

4.2. Resultados del proceso de validación

4.2.1. Resultados de las pruebas de campo

El siguiente cuestionario ver Tabla 4-10, fue diseñado para realizar las pruebas de campo de la aplicación, en el mismo se han evaluado la ubicuidad, su contenido, la navegabilidad y diseño, funcionalidad y pertinencia y finalmente la seguridad y perfiles de la aplicación móvil, este cuestionario se aplicó a 28 de los 45 pacientes que participaron en el proyecto con edades comprendidas entre los 40 y 60 años todos tienen como enfermedad preexistente la diabetes mellitus.

A continuación, se presenta el cuestionario elaborado y posterior los resultados de la encuesta.

Tabla 4-10 Cuestionario desarrollado para pruebas de campo

Ubicuidad de la aplicación móvil				
1	La aplicación móvil es fácil de encontrar en los sitios web de descarga			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
2	La aplicación pudo ser instalada sin contratiempos en el móvil			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
Contenido				
3	La aplicación móvil tiene explícito el concepto de auto-gestión de la salud			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
4	Las secciones de la aplicación móvil están bien definidas			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
5	El contenido es pertinente para pacientes con enfermedades crónicas			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
6	Las descripciones y términos utilizados son pertinentes para el grupo objetivo y los intereses del proyecto			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
Navegabilidad y diseño				
7	La aplicación se carga de forma rápida en su móvil			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
8	Las opciones que hay en la aplicación móvil funcionan bien			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>

9	Es fácil interactuar por las pantallas			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
10	El tamaño de la letra en los textos es adecuado			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
11	Los combinación de colores y presentación de gráficos son adecuados			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
12	El diseño de las pantallas del aplicativo móviles es atractivo.			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
Funcionalidad y pertinencia con respecto a la auto-gestión de la salud				
13	El uso de la aplicación móvil genera beneficios en cuanto a la auto-gestión de la salud			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
14	Las notificaciones y alertas generadas por la aplicación móvil son útiles en cuanto a tiempo de respuesta y contenido			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
15	Las recomendaciones de salud generadas por la aplicación se relacionan con mis hábitos cotidianos			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
16	La aplicación móvil dispone de un sistema de ayuda clara y amigable.			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
17	El registro de los parámetros de salud conlleva mucho tiempo			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>

18	La aplicación para la autogestión de la de la salud, es innovadora y creativa, produciendo motivación su uso			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
Seguridad y Disponibilidad				
19	La aplicación móvil genera confianza respecto a la seguridad y confidencialidad de la información guardada en ella.			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>
20	La aplicación de autogestión ha sido posible utilizarla sin contratiempos en diferentes lugares o espacios físicos que tengan señal móvil.			
	<i>Totalmente de acuerdo</i>	<i>De acuerdo</i>	<i>En desacuerdo</i>	<i>Totalmente en desacuerdo</i>

4.2.2. Resultados de la encuesta

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de cada una de las preguntas contenidas en la encuesta.

La Figura 4-5, muestra los resultados de la encuesta para la pregunta 1 “**La aplicación móvil es fácil de encontrar en los sitios web de descarga.**” Al estar la aplicación subida en Play Store sitio muy conocido de descargas de aplicaciones móviles para Android, los usuarios que se encuentran familiarizados con este sitio, debido a que allí se disponen de diferentes tipos de aplicaciones de uso general, por esto su mayoría la respuesta a la pregunta fue afirmativa. No obstante, existen 3 usuarios que están, en desacuerdo quizás porque no han utilizado de forma frecuente este repositorio.

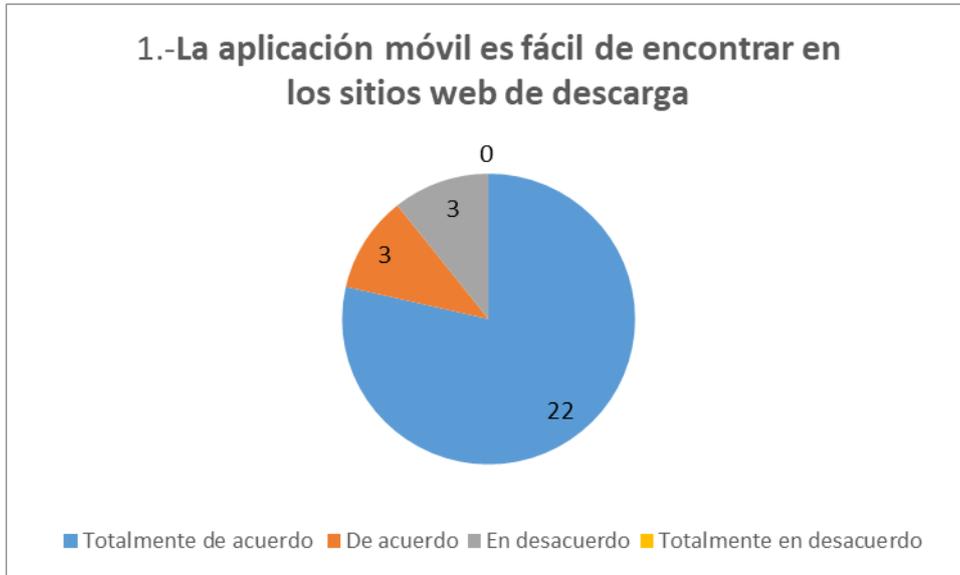


Figura 4-5 Resultados de la pregunta 1

La Figura 4-6, presenta los resultados obtenidos para la pregunta 2, **“La aplicación pudo ser instalada sin contratiempos en el móvil.”** En esta pregunta observamos que la mayoría de usuarios en total 21 pudieron instalar la aplicación con facilidad, 7 usuarios pudieron tener problemas técnicos debido a la lentitud de instalación por el ancho de banda o falta de espacio en su dispositivo, sin embargo, finalmente se prevé que el problema técnico pudo ser superado, no existen usuarios en desacuerdo ya que la aplicación pudo ser instalada en todos los equipos móviles de este grupo.

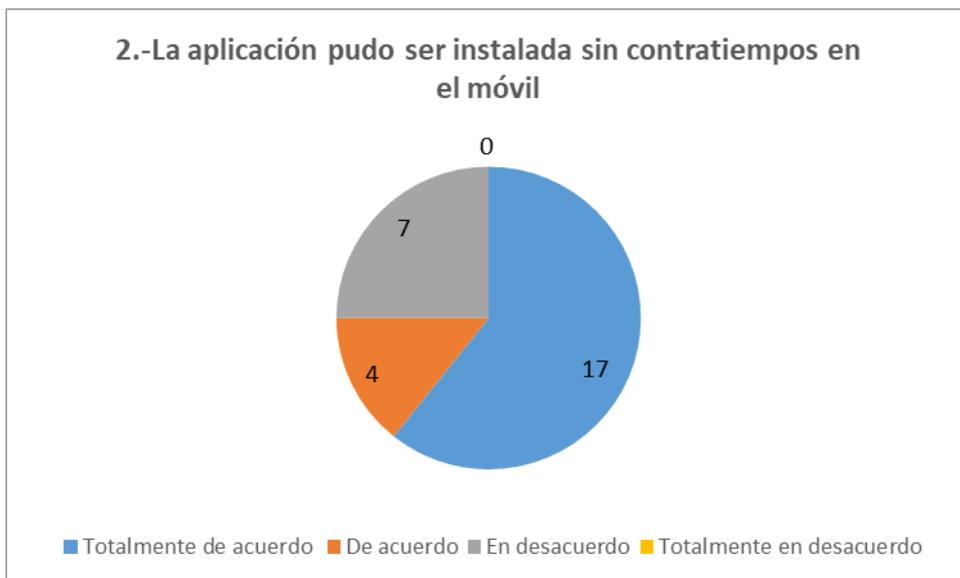


Figura 4-6 Resultados de la pregunta 2

A continuación, se analizan los aspectos de **contenido** de la aplicación móvil desde el punto de vista de los usuarios.

En la Figura 4-7, se analizan los resultados de la pregunta, “ **La aplicación móvil tiene explícito el concepto de auto-gestión de la salud**”, en este aspecto se observa que 27 de los usuarios relaciona el uso la aplicación con aspectos de la autogestión de la Salud, ya que consideran que las interfaces, las imágenes y los iconos proponen visualmente este concepto.

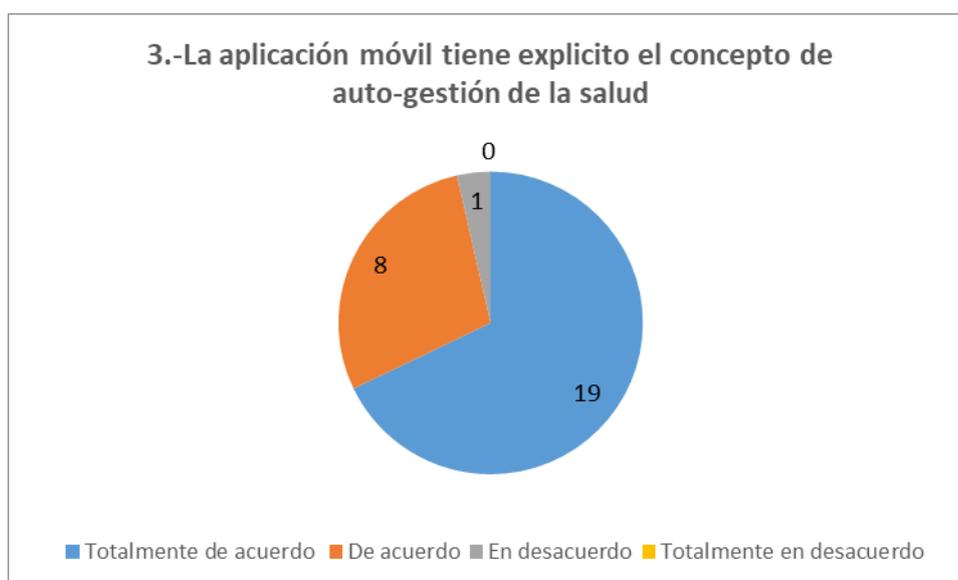


Figura 4-7 Resultados de la pregunta 3

En la Figura 4-8, los resultados de la pregunta, “**Las secciones de la aplicación móvil están bien definidas**” se estiman importantes debido a que la mayoría de los usuarios 27 en total, consideran que la clasificación y agrupamiento de las opciones y menús de la aplicación móvil, están estructuradas adecuadamente característica que ha permitido una mejor interacción con los usuarios de la aplicación en el seguimiento y control de las enfermedades crónicas como la diabetes mellitus.

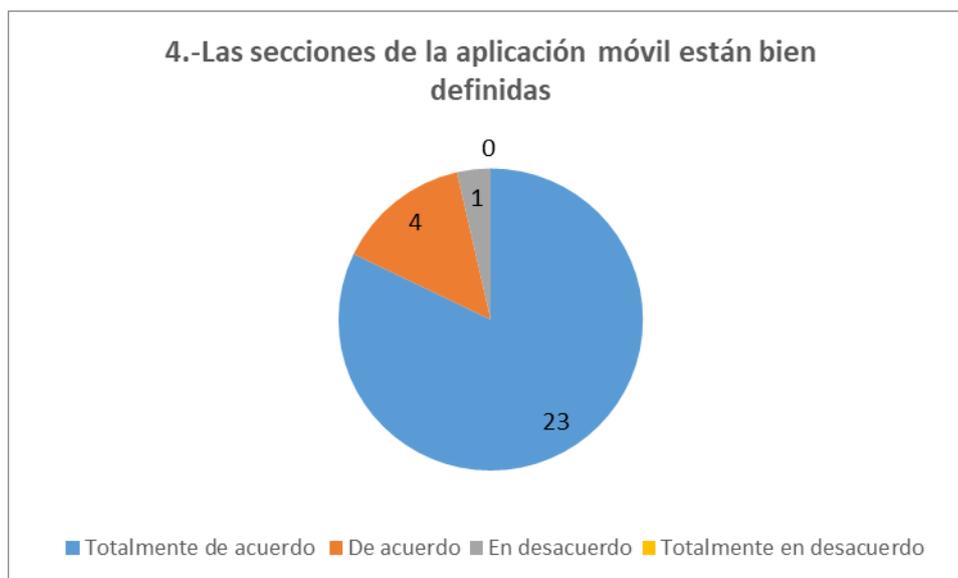


Figura 4-8 Resultados de la pregunta 4

La Figura 4-9, presenta los resultados de la pregunta **El contenido es pertinente para pacientes con enfermedades crónicas**. En estos resultados se observa que los 28 encuestados tienen una respuesta favorable respecto al contenido de la plataforma MediControl, lo que indica que la información es útil y pertinente por un lado y que se no dispone en un alto grado de información irrelevante que haga distanciar de los objetivos del proyecto.

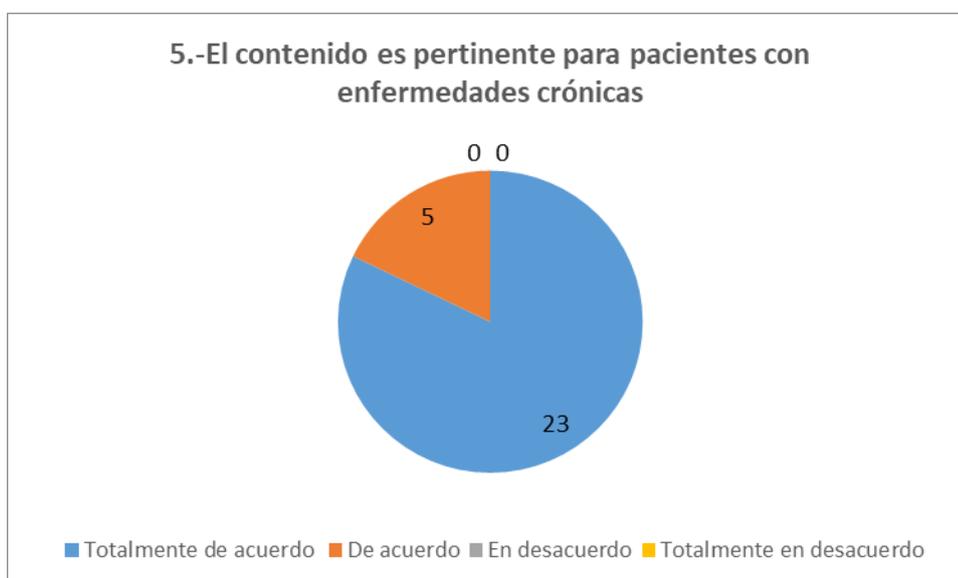


Figura 4-9 Resultados de la pregunta 5

En la Figura 4-10, vemos el resultado de la pregunta **“Las descripciones y términos utilizados son pertinentes para el grupo objetivo y los intereses del**

proyecto”, para esta pregunta observamos que todos los usuarios están de acuerdo, aspecto que se considera de gran importancia dado que se evidencia que los objetos definidos (botones, botones de texto, caja de chequeo de lista , entre otras) y la terminología a nivel de salud y autogestión utilizada se ajusta al conocimiento que tiene el usuario respecto a indicadores e información de su enfermedad, con esto se ha logrado conseguir la integración de otros grupos de individuos en especial de personas de edad avanzada que tienen una menor predisposición y confianza al uso de la tecnología.

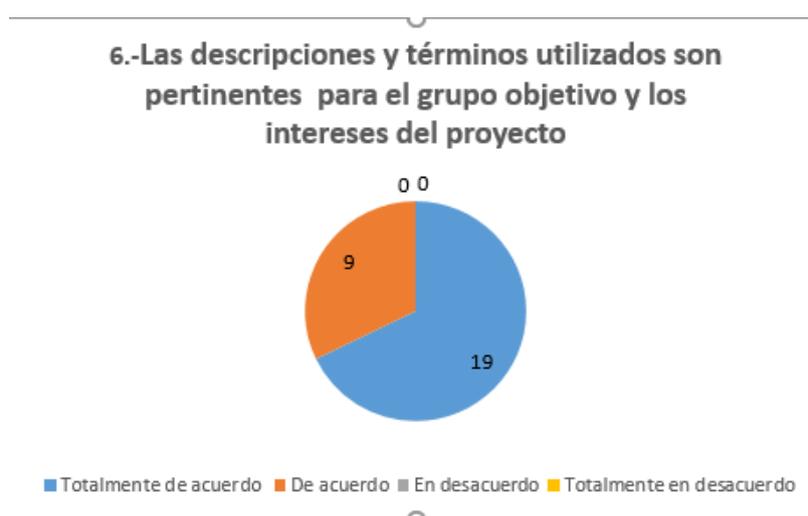


Figura 4-10 Resultados de la pregunta 6

En las siguientes preguntas se evalúan los principales criterios relacionados con la **Navegación y diseño**.

En la Figura 4-11, el resultado de la pregunta **“La aplicación se carga de forma rápida en su móvil”**, observamos que 23 personas están de acuerdo y que 5 están en desacuerdo esto se debe a que el servicio de banda ancha varía de uno a otro proveedor y también depende de las mejores características del dispositivo móvil, sin embargo, no se tiene personas que estén en total desacuerdo y que no hayan podido utilizar la aplicación para la autogestión de la salud.

7.-La aplicación se carga de forma rápida en su móvil

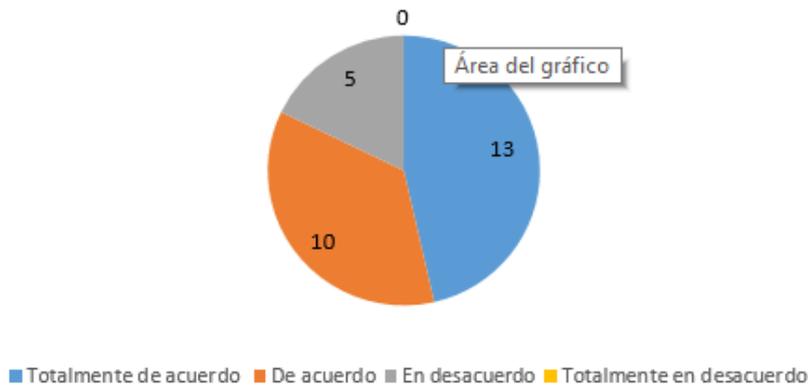


Figura 4-11 Resultados de la pregunta 7

En la Figura 4-12, se muestra el resultado de la pregunta **“Las opciones que hay en la aplicación móvil funcionan bien”**, tenemos que nuevamente todos los usuarios están de acuerdo lo que revela que confían en los resultados generados a partir de la plataforma, no detectando caídas o mensajes de error que en primer lugar desincentiven el uso de la aplicación, y en segundo lugar generen desconfianza respecto a la presentación de los resultados. Este aspecto garantiza que el usuario se identifique de mejor manera con la herramienta de autogestión en el tratamiento de la diabetes.

8.-Las opciones que hay en la aplicación móvil funcionan bien



Figura 4-12 Resultados de la pregunta 8

En la Figura 4-13 observamos el resultado de la pregunta **“Es fácil interactuar por las pantallas”**, para este caso tenemos una aceptación de 25 usuarios, sin embargo, 3 no estuvieron de acuerdo por lo que consideramos que esto se debe a su menor destreza en el uso de los dispositivos móviles, es posible que este aspecto pudo

afectar el ingreso continuo de la información de estos usuarios, por lo que se pretende reforzar la capacitación de los individuos en especial a las personas de mayor edad.

9.-Es fácil interactuar por las pantallas

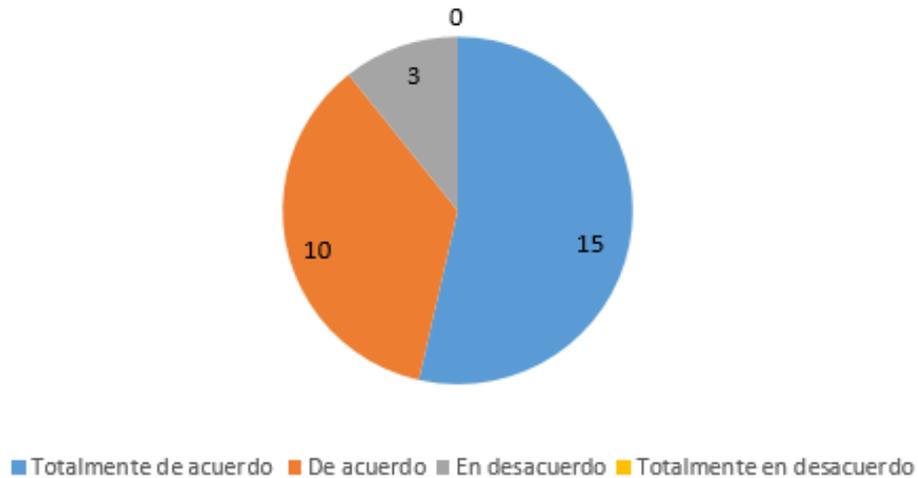


Figura 4-13 Resultados de la pregunta 9

En la Figura 4-14, tenemos el resultado de la pregunta “**El tamaño de la letra en los textos es adecuado**”, en esta pregunta observamos una gran aceptación con 19 personas las cuales no tienen ningún problema de visualización pero tenemos otro grupo de 9 usuarios con una aceptación menor, que muy probablemente tienen una visión más reducida unos por el factor de la edad y otros por los efectos propios originados por la degradación visual producida por la diabetes, sin embargo, no tenemos ningún usuario en desacuerdo lo cual indica que a pesar de cierta limitación visual ha sido posible interactuar con la herramienta de manera normal.

10.-El tamaño de la letra en los textos es adecuado

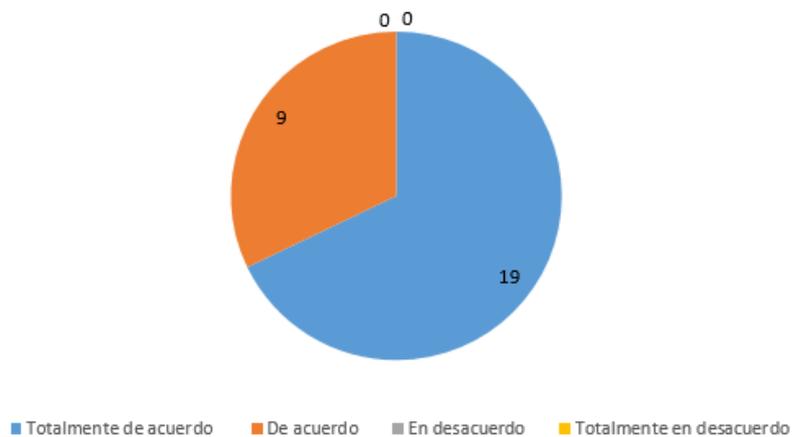


Figura 4-14 Resultados de la pregunta 10

El resultado de la pregunta **“La combinación de colores y presentación de gráficos son adecuados”**, tuvo como finalidad entender que tan satisfactorio es la visualización de las pantallas respecto a diseño de colores y presentación. Aquí se pretende conocer si el esquema utilizado comprende los elementos más representativos, de tal forma que se pueda aprovechar correctamente el tamaño de la pantalla, la resolución de las imágenes y otros.

En la Figura 4-15, se observa que dos personas no estuvieron conformes con que la visualización de las pantallas es la mejor. Este resultado es aceptable y se tomará en consideración para futuras mejoras, sin embargo, por el momento se puede concluir que el diseño es adecuado.

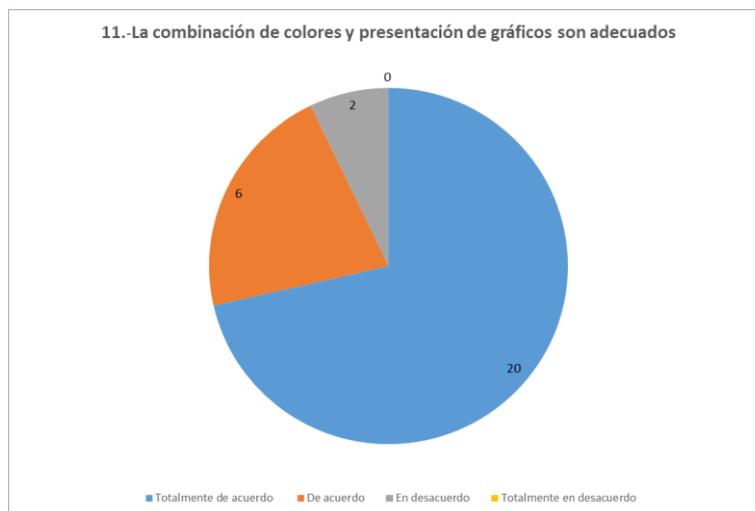


Figura 4-15 Resultados de la pregunta 11

El resultado de la pregunta “**El diseño de las pantallas del aplicativo móviles es atractivo**”, se lo puede observar en la Figura 4-16, en este punto se analiza que tan amigable son las interfaces gráficas para el usuario, aquí hay 24 usuarios que están de acuerdo y que les agrada el diseño de las interfaces graficas que contiene todos los componentes para la interacción del paciente con la plataforma, sin embargo, tenemos 4 usuarios que sugieren mejorar el diseño de las pantallas, criterio que se deberá tener presente para futuros diseños.

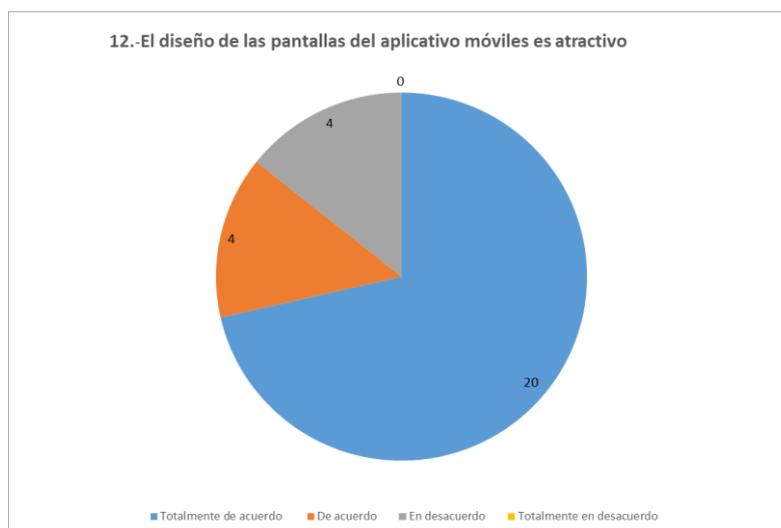


Figura 4-16 Resultado de la pregunta 12

Ahora se pasará a analizar el resultado de las preguntas que tienen que ver con la **Funcionalidad y pertinencia con respecto a la auto-gestión de la salud**, para el análisis se han elaborado 5 preguntas relativas a este tema, que explicaremos a continuación:

Para el resultado de la pregunta “**El uso de la aplicación móvil genera beneficios en cuanto a la auto-gestión de la salud**” la gráfica representada en la Figura 4-17 muestra que todos los individuos han tenido algún tipo de beneficio al gestionar sus indicadores de salud mediante la herramienta tecnológica.

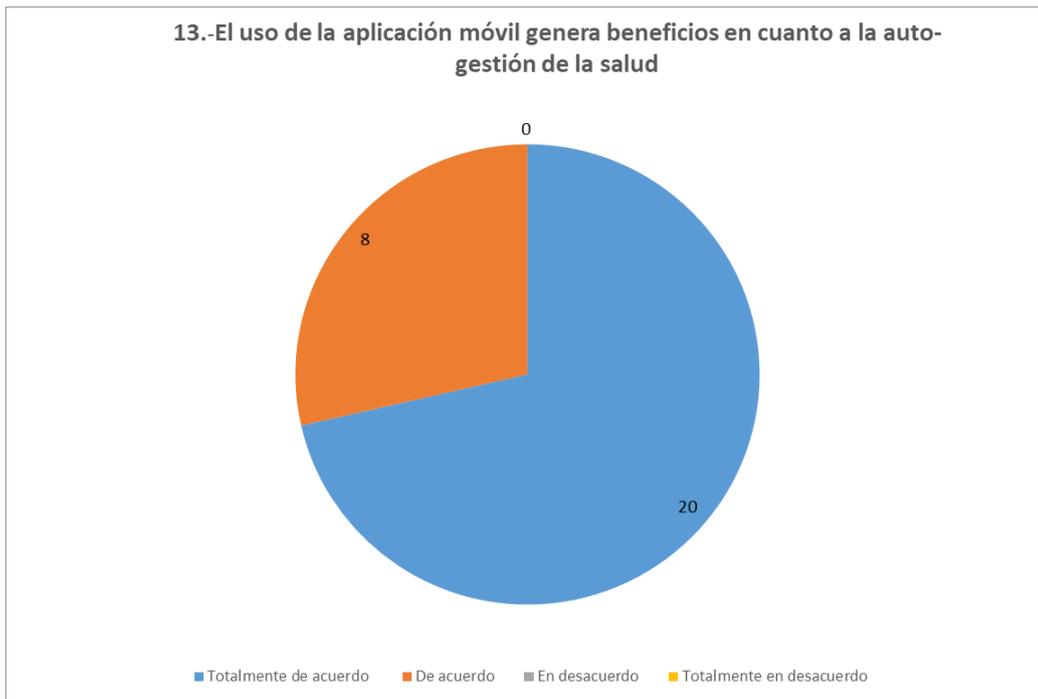


Figura 4-17 Resultados de la pregunta 13

Para la pregunta “**Las notificaciones y alertas generadas por la aplicación móvil son útiles en cuanto a tiempo de respuesta y contenido**”, se pretende conocer la aceptación de los pacientes en la intervención de un sistema de notificaciones y alertas para su seguimiento y monitoreo. Esta estrategia de alertas y notificaciones busca ayudar al paciente a mejorar su condición de salud, pero al mismo tiempo debe estar bien diseñado para equilibrar su funcionamiento ya que un uso excesivo de notificaciones puede abrumar al paciente con exceso de información. En la Figura 4-18, se puede observar que existe una gran aceptación a este esquema de notificación por parte de los usuarios, sin embargo, existe un número reducido de pacientes que no está de acuerdo, por lo que se debe tomar en consideración para trabajos futuros la parametrización de alertas, usando criterios grupales que permitan una mayor efectividad en la generación de estos eventos.

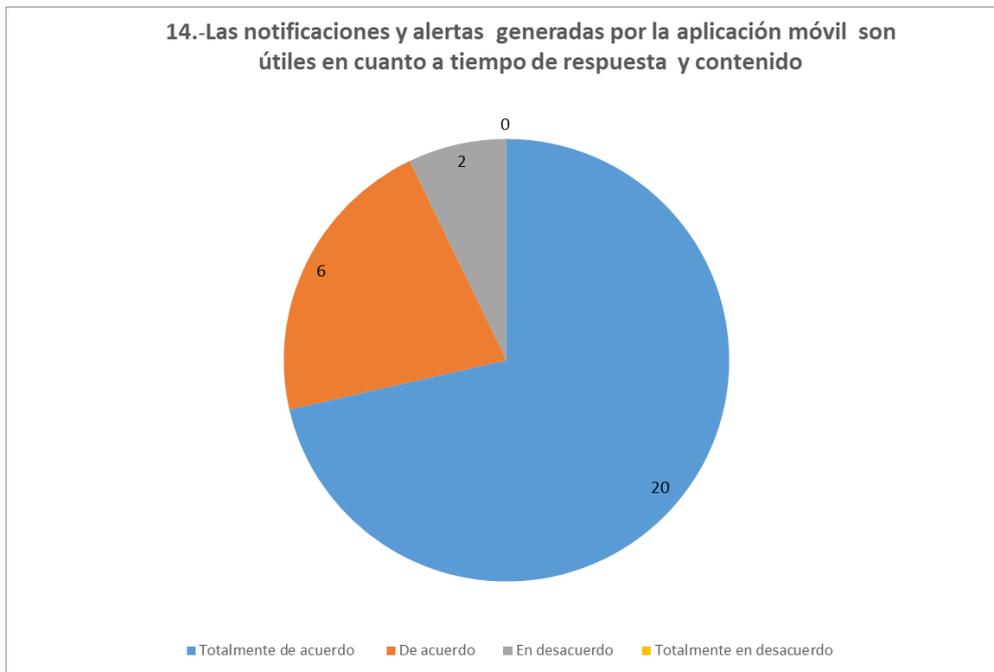


Figura 4-18 Resultados de la pregunta 14

Lo que corresponde a la pregunta **“Las recomendaciones de salud generadas en la aplicación móvil tienen relación con mis hábitos cotidianos.”**, es posible interpretar que considerando el poco tiempo del periodo de evaluación la aplicación ha podido adaptarse a las actividades diarias del paciente lo que se refleja en la gráfica de la Figura 4-19, no obstante este criterio puede mejorar cuando se tenga una mayor cantidad de información en la base de registros de parámetros de salud del paciente en periodos mayores de evaluación.

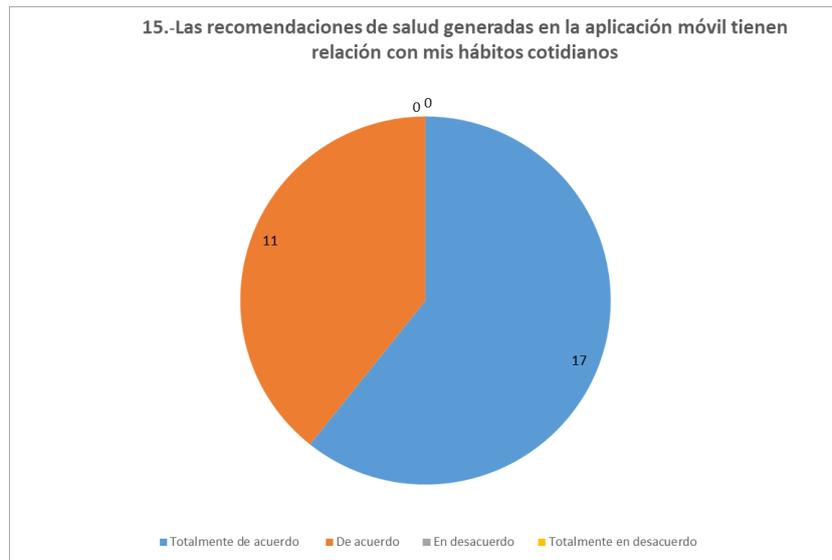


Figura 4-19 Resultados de la pregunta 15

Los resultados de la pregunta **“La aplicación móvil dispone de un sistema de ayuda clara y amigable.”**, se observa en la Figura 4-20, donde se puede interpretar que el sistema de ayuda ha tenido aceptación por parte de los pacientes, sin embargo, un pequeño porcentaje no ha estado de acuerdo respecto a su uso, ya sea porque prefiere una capacitación personalizada o por criterios particulares no definidos, sin embargo, se considera que es posible mejorar su aceptación adicionando una mayor cantidad de información relacionadas a preguntas frecuentes, luego de la retroalimentación obtenida durante el periodo de validación.

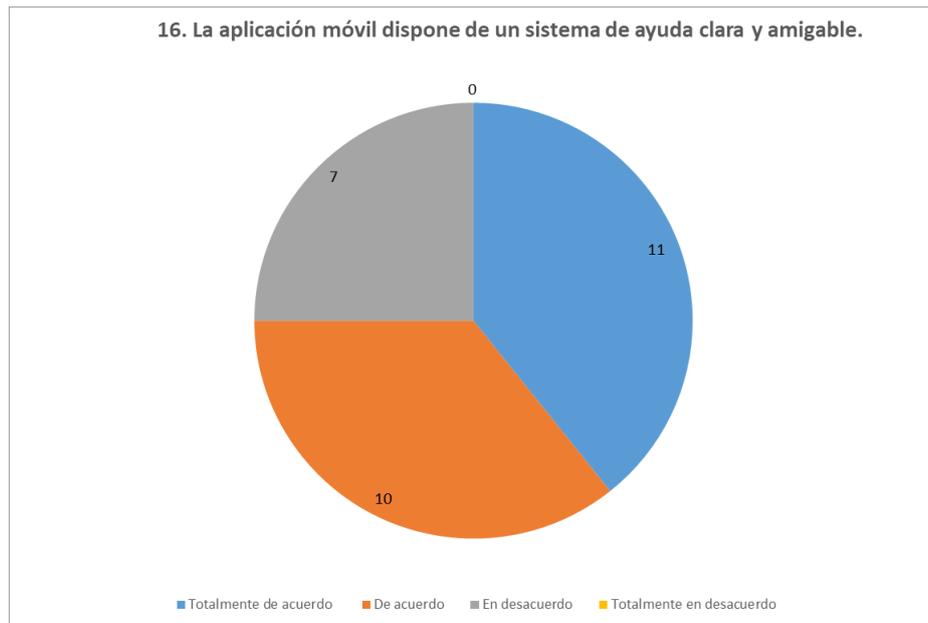


Figura 4-20 Resultados de la pregunta 16

Los resultados de la pregunta **“El registro de los parámetros de salud conlleva mucho tiempo”**, tiene un factor crítico considerando qué si la aplicación de autogestión de la salud no facilita, el ingreso de los parámetros de salud, el usuario en poco tiempo podría desmotivarse y abandonar esta actividad que es proceso fundamental para el adecuado control y seguimiento del paciente. Esta situación se puede presentar por varios motivos como son 1.-Mal diseño de interfaces al interactuar con el paciente. 2.- Un recorrido exagerado por las diferentes pantallas para el ingreso de datos. 3.-Lentitud en la actualización del registro en la base de datos. En la Figura 4-21, observamos de manera positiva que ninguno de los participantes está en desacuerdo a pesar que están divididos entre muy de acuerdo y de acuerdo, lo que implica que la aplicación trabaja eficientemente en ese aspecto.

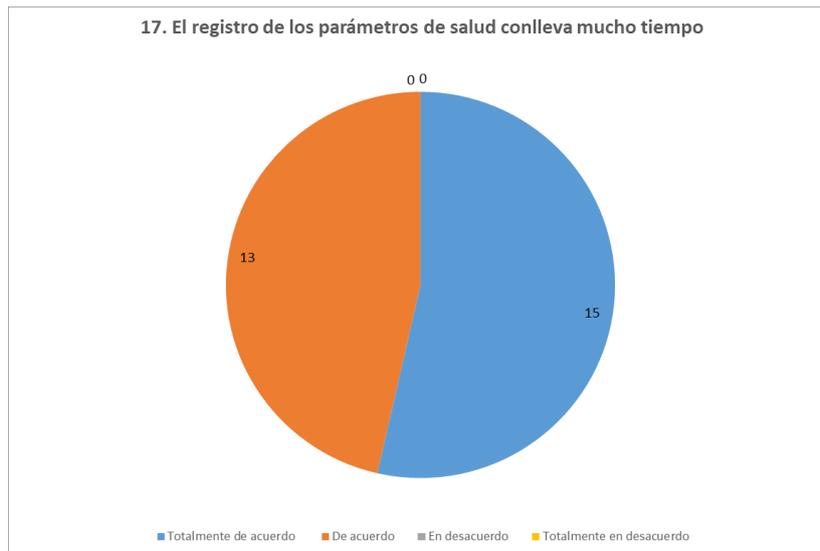


Figura 4-21 Resultado de la pregunta 17

Los resultados de la pregunta **“La aplicación de la autogestión de la salud es innovadora y creativa, produciendo motivación en su uso”**, como se observa en la Figura 4-22 tiene una elevada aceptación esto se deduce a que antes de este proyecto los usuarios desconocían mucho respecto a tecnología móviles aplicadas a la salud, tanto de esta como otras que existen en el mercado, al utilizar la aplicación para la autogestión de la diabetes se han visto muy interesados en su uso frecuente, y consideran que tiene una potente aplicación en el tratamiento de las enfermedades crónicas.

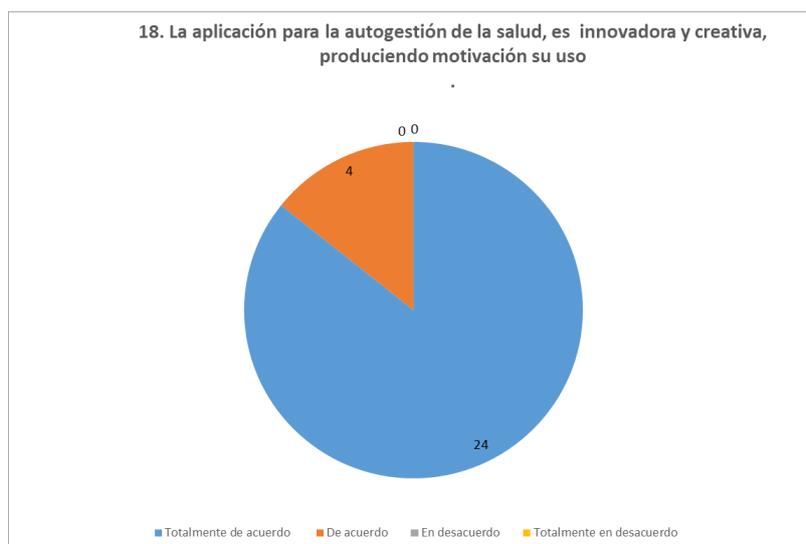


Figura 4-22 Resultado de la pregunta 18

A continuación, se van a abordar aspectos relacionados a la **seguridad y disponibilidad** elementos que tienen gran importancia para generar un mejor nivel de confianza de los usuarios e incentivar su uso de manera permanente.

Los resultados de la pregunta **“La aplicación móvil genera confianza respecto a la confidencialidad de la información guardada en ella”**, muestra que todos los usuarios del estudio están de acuerdo, esto debido a que 1) el aplicativo solo pide información relacionada a temas de salud. 2) el sistema permite la creación de perfiles individuales a cada usuario con su clave respectiva, es decir, cuenta con control de autenticación, y 3) El cambio o recuperación de clave se lo puede realizar automáticamente por medio de la misma aplicación sin la intervención de un asistente personal. Ver Figura 4-23

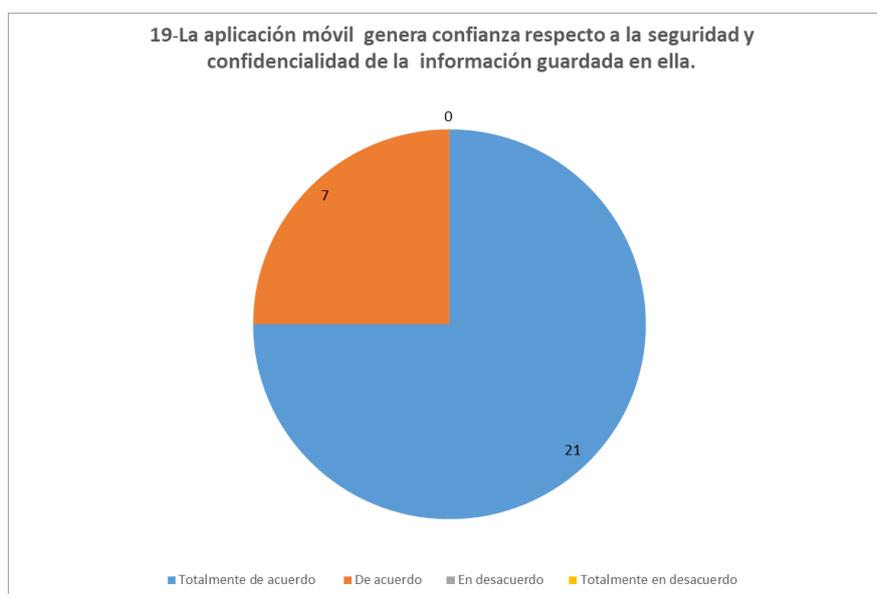


Figura 4-23 Resultado de la pregunta 19

En la pregunta **“La aplicación de autogestión ha sido posible utilizarla sin contratiempos en diferentes lugares o espacios físicos que tengan señal móvil.”**, como se observa en la Figura 4-24 para este caso particular el nivel de aceptación ha sido aproximadamente un 90%, tenemos un 10% que muy probablemente han tenido problemas en lugares con limitaciones en el internet ya sea por situaciones de cobertura u otros aspectos técnicos de navegación. No obstante, estos problemas, no son permanentes y normalmente están en constante mejoras de las empresas que proveen servicios de comunicaciones.

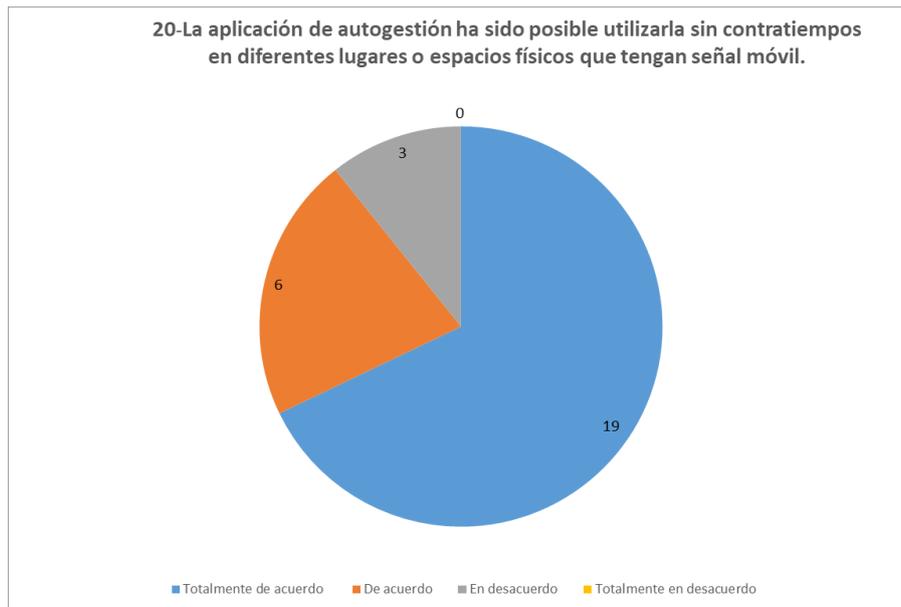


Figura 4-24 Resultado de la pregunta 20

Una vez obtenidos los resultados de las encuestas, se puede concluir que el sistema propuesto es de mucha utilidad para los pacientes que padecen de diabetes ya que contiene una interface amigable y las opciones se encuentran bien definidas, las descripciones y términos utilizados son pertinentes para este grupo de pacientes seleccionados, así también todos estos componentes generan una mayor adherencia al tratamiento dado que las notificaciones y alertas generadas por la aplicación han sido útiles en tiempo y respuesta.

Capítulo 5 Conclusiones y líneas futuras

5.1. Conclusiones

Sin duda alguna el área de la medicina ha conseguido un alto desarrollo en las últimas décadas, la detección control y seguimiento de las enfermedades crónicas sugiere un gran desafío para los organismos de salud a nivel local y mundial. La tecnología se ha convertido en un aliado efectivo a través de las herramientas de software que mediante sus aplicaciones permiten integrar el conocimiento y desarrollar métodos sencillos, amigables que apoyen a la toma de decisiones médicas.

El presente trabajo de tesis doctoral presenta una propuesta de un sistema de ayuda a la decisión basado en reglas en el dominio de la salud, específicamente en el control, y seguimiento de la diabetes mellitus, sin embargo, indirectamente involucra otros padecimientos relacionados tales como la presión arterial y obesidad. El sistema presenta como características principales la portabilidad para un sin número de dispositivos de hardware, la facilidad de uso para los pacientes, la confiabilidad en los resultados presentados y recomendable en el uso del tratamiento de la diabetes, ya que para la creación del sistema de reglas se ha basado en el dominio de los expertos en el área de la salud.

Si bien es cierto existen muchas aplicaciones que permiten el control y monitoreo de la diabetes mellitus, este trabajo ha buscado actuar en un contexto de una mejor comunicación e interrelación médico-paciente centrándose en los desafíos que representa la adherencia al tratamiento de los pacientes, a través de un seguimiento y control más efectivo. Como característica adicional tenemos que la información almacenada en la base de datos permite realizar comparativos con registros de fechas anteriores y otros registros de pacientes con características similares, para la mejora en la toma de decisiones. El especialista de la salud podrá tener una mejor visión de sus pacientes gracias a los reportes generales en los cuales el sistema les mostrará en base a indicadores de salud a aquellos que necesitan una atención oportuna.

La metodología utilizada en esta propuesta permite que el sistema de recomendaciones permita un entorno estable, amigable y eficaz. Pretende crear una plataforma que facilite al especialista médico la toma de decisiones en función de los indicadores de salud, así como establecer recomendaciones de control y cuidados. Para este propósito el sistema consta de módulos bien esquematizados que permiten conseguir los objetivos propuestos.

En el estudio del estado del arte se analizaron varias aplicaciones para la toma de decisiones para la diabetes, en la que se determinaron algunas similitudes a nivel funcional, no obstante también se evidenciaron elementos de interés que no fueron considerados tales como las enfermedades pre-existentes, exámenes complementarios, el estado de ánimo, elementos que podrían también ser de interés para el especialista médico, los cuales fueron incorporados a la propuesta de este trabajo, considerando que un paciente podría ser tratado por más de un profesional de la salud, el cual debe estar informado de aspectos que podrían influir en su diagnóstico clínico. El diseño de la base de conocimiento del experto médico y los resultados de la validación, constituyen uno de los aspectos más valiosos del trabajo realizado.

Por lo expuesto la plataforma presentada ofrece soluciones efectivas para el control, diagnóstico y prevención en el dominio de la salud, de pacientes con diabetes mellitus. A continuación, se mencionan las principales aportaciones de esta tesis:

- **Obtención de un modelo basado en reglas para la representación del conocimiento del dominio de la diabetes.**

Se obtuvo un modelo basado en reglas que evalúa y relaciona los principales indicadores de salud en el control y tratamiento de la diabetes, estas expresiones representan el conocimiento del experto médico. Los datos de los indicadores de salud fueron obtenidos manualmente en la mayoría de los casos, sin embargo, gracias a la tecnología de los teléfonos inteligentes fue posible obtener entradas mediante los sensores incorporados en los mismos.

Se ha revisado el modelo evitando redundancia e inconsistencia en las reglas lo que permite tiempos de respuesta muy cortos ofreciendo un rendimiento eficiente y resultados efectivos.

- **Obtención de un sistema para la monitorización de distintos parámetros vitales, físicos y mentales.**

La plataforma propuesta dispone de un sistema de monitoreo que genera alertas cuando los indicadores de salud presentan valores fuera de los rangos normales, que puedan afectar la salud del paciente. Este monitoreo se hace efectivo a través de mensajes de textos tanto para al médico como al paciente, con la finalidad de que tomen atención inmediata de la condición de salud en determinado momento. Sin embargo, el sistema propone también mensajes positivos al paciente en los casos que los indicadores de salud estén disminuyendo de los niveles de riesgo o

cuando hayan llegado a un nivel óptimo, de tal forma que genere una mayor motivación respecto al estado de su enfermedad.

- **Obtención de un sistema para la recomendación específica al paciente basado en tecnologías del conocimiento.**

Con la intervención de los expertos de salud se desarrollaron y obtuvieron recomendaciones específicas para el tratamiento de la diabetes, las cuales están directamente relacionadas con el sistema de reglas que activan dichas recomendaciones en base a los valores críticos de los indicadores de salud, estas recomendaciones presentan acciones y consejos que el paciente debe adoptar en temas de nutrición, medicación, ejercicio y otras. Así también el sistema puede enviar frecuentemente recomendaciones de seguimiento en caso de valores óptimos de los indicadores de salud. Este mecanismo ofrece información al médico respecto de las recomendaciones enviadas a los pacientes y si estos han acogido las mismas para mejorar su condición de salud.

- **Obtención de un sistema para el seguimiento de tratamientos y recomendaciones de salud.**

La información periódica obtenida a través de las diferentes interfaces de la aplicación permite generar estadísticas de seguimiento de los parámetros de salud, respecto a un periodo de tiempo, determinando la evolución del paciente en relación a un tratamiento específico, para esto el médico con el uso de la aplicación web puede determinar si el tratamiento ha sido satisfactorio, así también podrá evaluar el cumplimiento de las recomendaciones de salud por parte del paciente. A través de este módulo también es posible determinar tendencias en los hábitos del usuario que pueden alterar su condición de salud negativamente. La premisa en esta fase de seguimiento es que, si es posible detectar tempranamente deficiencias en el tratamiento de la diabetes mellitus, entonces es posible actuar oportunamente, para evitar condiciones irreversibles en la salud del paciente.

- **Obtención de una plataforma integral móvil para la prevención, monitorización y tratamiento de enfermedades basada en la autogestión de la salud**

Se ha podido obtener una plataforma inteligente de salud que integra por un lado al paciente a través de la aplicación móvil y al especialista médico a través de la aplicación web. Para el primer caso esta interface permite la interacción con el paciente en la captura de datos, así como la visualización de las alertas y recomendaciones, por otro lado, la aplicación web permite al médico interactuar a través de las opciones de seguimiento y envío de alertas al paciente logrando una trayectoria de información en ambos sentidos.

5.2. Líneas futuras

En lo que respecta a las líneas futuras, es importante recalcar que existen varios temas que no fueron considerados en esta tesis pero que proporcionan nuevas líneas de investigación que podrían ser considerados como trabajos futuros:

- **Incluir el tratamiento de nuevas enfermedades degenerativas.**

En este trabajo propuesto se han incluido la diabetes mellitus, la hipertensión y la obesidad, sin embargo, se puede extender el sistema a otras enfermedades degenerativas como la deficiencia renal (Gubb et al., 2020) y el pie diabético (Abbott et al., 2019). Ambas enfermedades tienen una relación directa con la diabetes, ya que la falta de atención a los niveles de glucosa fuera de los límites normales, puede desencadenar estas patologías. Para este propósito, será necesario involucrar nuevas especialistas tales como nefrólogo y podiatra, por ejemplo, y analizar los nuevos tratamientos recomendados para las personas con estas enfermedades y generar nuevas reglas y recomendaciones.

- **Integrar al sistema, dispositivos que permitan realizar una captura digital de los datos médicos de los pacientes.**

El avance de los dispositivos tecnológicos tales como los monitores inteligentes de glucosa y presión arterial, los dispositivos que monitorean la actividad física, las balanzas conectadas de manera inalámbrica (Fagherazzi & Ravaud, 2019), son de gran utilidad para la captura de datos médicos y fisiológicos, se plantea a futuro que el sistema inteligente tenga una mayor integración con este tipo de dispositivos, (Heintzman, 2016). De esta manera se busca mejorar la exactitud de la información nutricional y ejercicio registrada automáticamente, mejorar la precisión en integridad de las inferencias. No obstante, se debe tomar en consideración las limitantes para las personas de los países en vía de desarrollo. Se estima que en el corto plazo se puedan mejorar los estándares entre los

fabricantes para una adecuada interoperabilidad de los dispositivos y evitar que esto constituya una barrera para el manejo eficiente de la diabetes.

- **Utilizar modelos de aprendizaje automático en las aplicaciones inteligentes, para el diagnóstico, tratamiento y seguimiento de enfermedades crónicas.**

El sistema propuesto está basado en una serie de reglas de inferencia que simulan el razonamiento del experto humano, sin embargo, este esquema tiene como limitación que las estrategias de búsquedas pueden ser un poco lentas, y que en ciertos contextos no tiene la capacidad de autoaprendizaje, por otro lado, los esquemas de aprendizaje automático que consisten en un conjunto de algoritmos que aprenden y resuelven problemas por medio de la experiencia de los usuarios, han obtenido gran madurez en los últimos años, su aplicabilidad a la resolución de problemas en las diferentes áreas de conocimiento han demostrado gran eficacia en los resultados obtenidos (Beam & Kohane, 2018). En esta parte es posible explotar el uso de herramientas de minería de datos, para encontrar patrones de relación entre glucosa en sangre, medicamentos, dietas y ejercicio. El área de la salud se verá beneficiada significativamente con el uso de estos algoritmos en las diferentes especialidades médicas, y para nuestro caso específico las enfermedades crónicas.

- **Incorporar nuevas técnicas de gamificación para una mejor adaptación del paciente**

La incorporación de mejores técnicas como la gamificación, para la adaptación del usuario al sistema de gestión, es un aspecto a considerar como nuevas funcionalidades de la plataforma, de tal manera que los pacientes encuentren en la aplicación una forma más dinámica de interacción, basadas en juegos y retos, orientado a hacer un uso más entretenido de la herramienta tratando de inducirlos a un comportamiento saludable que aumenten el compromiso en la autogestión del tratamiento (Nishihara, Parwak, Edogun, & Park, 2020).

Capítulo 6 Contribuciones científicas derivadas de la tesis doctoral

6.1. Publicaciones en Revistas

1. Apolinario, Ó., Medina-Moreira, J., Lagos-Ortiz, K., Luna-Aveiga, H., García-Díaz, J. A., & Valencia-García, R. (2018). Tecnologías inteligentes para la autogestión de la salud. *Procesamiento del Lenguaje Natural*, 61, 159-162.
2. Medina-Moreira, J., Lagos-Ortiz, K., Luna-Aveiga, H., Apolinario-Arzuabe, O., del Pilar Salas-Zárate, M., & Valencia-García, R. (2017). Knowledge acquisition through ontologies from medical natural language texts. *Journal of Information Technology Research (JITR)*, 10(4), 56-69.
3. Salas-Zárate, M. D. P., Medina-Moreira, J., Lagos-Ortiz, K., Luna-Aveiga, H., Rodriguez-Garcia, M. A., & Valencia-Garcia, R. (2017). Sentiment analysis on tweets about diabetes: an aspect-level approach. *Computational and mathematical methods in medicine, 2017*. (Factor de impacto JCR: 1,545 Categoría: Mathematical and Computational Biology-Q3)

6.2. Capítulos de libro

1. Medina-Moreira, J., Apolinario, O., Paredes-Valverde, M. A., Lagos-Ortiz, K., Luna-Aveiga, H., & Valencia-García, R. (2018). Health Monitor: An Intelligent Platform for the Monitorization of Patients of Chronic Diseases. In *Exploring Intelligent Decision Support Systems* (pp. 155-175). Springer, Cham. ISBN: 978-3-319-74001-0.

6.3. Publicaciones en Congresos

1. García-Díaz, J. A., Apolinario-Arzuabe, Ó., Medina-Moreira, J., Luna-Aveiga, H., Lagos-Ortiz, K., & Valencia-García, R. (2018, November). Sentiment Analysis on Tweets related to infectious diseases in South America. In *Proceedings of the 9th Euro American Conference on Telematics and Information Systems* (pp. 1-5).
2. Medina-Moreira, J., García-Díaz, J. A., Apolinardo-Arzuabe, O., Luna-Aveiga, H., & Valencia-García, R. (2019, December). Mining Twitter for Measuring Social Perception Towards Diabetes and Obesity in Central America. In *Proceedings*

- of 4th International Conference on Technologies and Innovation* (pp. 81-94). Springer, Cham.
3. Medina-Moreira, J., Apolinario, O., Luna-Aveiga, H., Lagos-Ortiz, K., Paredes-Valverde, M. A., & Valencia-García, R. (2017, October). A collaborative filtering based recommender system for disease self-management. *In Proceedings of 3rd International Conference on Technologies and Innovation* (pp. 60-71). Springer, Cham.
 4. Vergara, V., Lagos-Ortiz, K., Aguirre-Munizaga, M., Aviles, M., Medina-Moreira, J., Hidalgo, J., & Muñoz-García, A. (2016, November). Knowledge-based model for curricular design in Ecuadorian universities. *In Proceedings of 2nd International Conference on Technologies and Innovation* (pp. 14-25). Springer, Cham.
 5. Medina-Moreira, J., Lagos-Ortiz, K., Luna-Aveiga, H., Paredes, R., & Valencia-García, R. (2016, November). Usage of diabetes self-management mobile technology: options for Ecuador. *In Proceedings of 2nd International Conference on Technologies and Innovation* (pp. 79-89). Springer, Cham.
 6. Rodríguez-García, M. Á., Medina-Moreira, J., Lagos-Ortiz, K., Luna-Aveiga, H., García-Sánchez, F., & Valencia-García, R. (2016). Ontology-Based Platform for Conceptual Guided Dataset Analysis. *In Proceedings of 13th International Conference on Distributed Computing and Artificial Intelligence*, (pp. 155-163). Springer, Cham.

Referencias

- Aamodt, A., & Plaza, E. (1994). Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. *AI Communications*, *7*(1), 39–59. <https://doi.org/10.3233/AIC-1994-7104>
- Abbasi, M., & Kashiyarndi, S. (2006). Clinical Decision Support Systems: A discussion on different methodologies used in Health Care. *Marlaedalen University Sweden*, 1–15. <https://doi.org/10.1.1.458.8844>
- Abbott, C. A., Chatwin, K. E., Foden, P., Hasan, A. N., Sange, C., Rajbhandari, S. M., ... Reeves, N. D. (2019). Innovative intelligent insole system reduces diabetic foot ulcer recurrence at plantar sites: a prospective, randomised, proof-of-concept study. *The Lancet Digital Health*, *1*(6), e308–e318. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(19\)30128-1](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(19)30128-1)
- Albisser, A. M., Harris, R. I., Sakkal, S., Parson, I. D., & Chao, S. C. E. (1996). Diabetes intervention in the information age. *Medical Informatics*, *21*(4), 297–316. <https://doi.org/10.3109/14639239608999291>
- Alexander Hoerbst, Werner O. Hackl, Nicolette de Keizer, Hans-Ulrich Prokosch, Mira Hercigonja-Szekeres, S. de L. (2016). Development of a Clinical Decision Support System for the Patients of a Laboratory Service. *Exploring Complexity in Health: An Interdisciplinary Systems Approach*, *228*(90), 4. Retrieved from <https://www.iospress.nl/book/exploring-complexity-in-health-an-interdisciplinary-systems-approach/>
- Arias, J., Benson, M., Charchi, C., Dimovska, D., Goodman, L., Lagomarsino, G., ... Synowiec, C. (2015). *Center for Health Market Innovations*. Washington, D.C. Retrieved from https://healthmarketinnovations.org/sites/default/files/CHMI_Highlights2014.pdf
- Arsand, E., Frøisland, D. H., Skrøvseth, S. O., Chomutare, T., Tatara, N., Hartvigsen, G., & Tufano, J. T. (2012). Mobile health applications to assist patients with diabetes: Lessons learned and design implications. *Journal of Diabetes Science and Technology*, *6*(5), 1197–1206. <https://doi.org/10.1177/193229681200600525>
- Avci, E., & Turkoglu, I. (2003). Modelling of tunnel diode by adaptive-network-based fuzzy inference system. *International Journal of Computational Intelligence*, *1*(1),

231–233.

- Avci, Engin, & Akpolat, Z. H. (2006). Speech recognition using a wavelet packet adaptive network based fuzzy inference system. *Expert Systems with Applications*, *31*(3), 495–503. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.09.058>
- Avci, Engin, & Avci, D. (2008). A novel approach for digital radio signal classification: Wavelet packet energy-multiclass support vector machine (WPE-MSVM). *Expert Systems with Applications*, *34*(3), 2140–2147. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.02.019>
- Balka, E., Whitehouse, S., Coates, S. T., & Andrusiek, D. (2012). Ski hill injuries and ghost charts: Socio-technical issues in achieving e-Health interoperability across jurisdictions. *Information Systems Frontiers*, *14*(1), 19–42. <https://doi.org/10.1007/s10796-011-9302-4>
- Bates, D. W., & Bitton, A. (2010). The future of health information technology in the patient-centered medical home. *Health Affairs*, *29*(4), 614–621. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2010.0007>
- Bau, C.-T., Chen, R.-C., & Huang, C.-Y. (2014). Construction of a Clinical Decision Support System for Undergoing Surgery Based on Domain Ontology and Rules Reasoning. *Telemedicine and E-Health*, *20*(5), 460–472. <https://doi.org/10.1089/tmj.2013.0221>
- Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). Big data and machine learning in health care. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, *319*(13), 1317–1318. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.18391>
- Bellazzi, R., Larizza, C., Montani, S., Riva, A., Stefanelli, M., D'Annunzio, G., ... Tuominen, J. (2002). A telemedicine support for diabetes management: The T-IDDM project. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *69*(2), 147–161. [https://doi.org/10.1016/S0169-2607\(02\)00038-X](https://doi.org/10.1016/S0169-2607(02)00038-X)
- Berner, E. S., & La Lande, T. J. (2007). Overview of Clinical Decision Support Systems. *Clinical Decision Support Systems. Health Informatics.*, 3–22. https://doi.org/10.1007/978-0-387-38319-4_1
- Billiard, A., Rohmer, V., Roques, M. A., Joseph, M. G., Suraniti, S., Giraud, P., ... Marre, M. (1991). Telematic transmission of computerized blood glucose profiles for IDDM patients. *Diabetes Care*, *14*(2), 130–134.

<https://doi.org/10.2337/diacare.14.2.130>

Cafazzo, J. A., Casselman, M., Hamming, N., Katzman, D. K., & Palmert, M. R. (2012). Design of an mHealth app for the self-management of adolescent type 1 diabetes: a pilot study. *Journal of Medical Internet Research, 14*(3), e70.

<https://doi.org/10.2196/jmir.2058>

Chen, R.-C., Jiang, H. Q., Huang, C.-Y., & Bau, C.-T. (2017). Clinical Decision Support System for Diabetes Based on Ontology Reasoning and TOPSIS Analysis. *Journal of Healthcare Engineering, 2017*, 14. <https://doi.org/10.1155/2017/4307508>

Chen, R. C., Huang, Y. H., Bau, C. T., & Chen, S. M. (2012). A recommendation system based on domain ontology and SWRL for anti-diabetic drugs selection. *Expert Systems with Applications, 39*(4), 3995–4006.

<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.09.061>

Chenthara, S., Ahmed, K., Wang, H., & Whittaker, F. (2019). Security and Privacy-Preserving Challenges of e-Health Solutions in Cloud Computing. *IEEE Access, 7*, 74361–74382. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2919982>

Chestnov, O. (2014). *Informe sobre la situación mundial de las enfermedades no transmisibles*. Retrieved from https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/149296/WHO_NMH_NVI_15.1_spa.pdf?sequence=1

Choi, J., Chun, J., Lee, K., Lee, S., Shin, D., Hyun, S., ... Kim, D. (2004). MobileNurse: Hand-held information system for point of nursing care. *Computer Methods and Programs in Biomedicine, 74*(3), 245–254.

<https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2003.07.002>

Christensen, C., Grossman, J., & Hwang, J. (2009). *The innovator's prescription*. McGraw-Hill. Retrieved from

<https://www.lumc.nl/sub/9300/att/1402060248071959.pdf>

Clement, S. (1995). Diabetes self-management education. *Diabetes Care, 18*(8), 1204–1214. <https://doi.org/10.2337/diacare.18.8.1204>

Coiera, E. (2004). Four rules for the reinvention of health care. *British Medical Journal, 328*(7449), 1197–1199. <https://doi.org/10.1136/bmj.328.7449.1197>

Collins, F. S., & Varmus, H. (2015). A New Initiative on Precision Medicine. *New England Journal of Medicine, 372*(9), 793–795.

<https://doi.org/10.1056/NEJMp1500523>

- Colombo-Mendoza, L. O., Valencia-García, R., Rodríguez-González, A., Alor-Hernández, G., & Samper-Zapater, J. J. (2015). RecomMetz: A context-aware knowledge-based mobile recommender system for movie showtimes. *Expert Systems with Applications*, *42*(3), 1202–1222. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.09.016>
- Cooper, V., Clatworthy, J., Whetham, J., & Consortium, E. (2017). mHealth Interventions To Support Self-Management In HIV: A Systematic Review. *The Open AIDS Journal*, *11*(1), 119–132. <https://doi.org/10.2174/1874613601711010119>
- Cruz-Ramos, N. A., Alor-Hernández, G., Sánchez-Cervantes, J. L., Paredes-Valverde, M. A., & Salas-Zárata, M. del P. (2018). DiabSoft: A System for Diabetes Prevention, Monitoring, and Treatment. *DiabSoft: A System for Diabetes Prevention, Monitoring, and Treatment*, *764*, 135–154. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74002-7_7
- Dash, M., & Liu, H. (2003). Consistency-based search in feature selection. *Artificial Intelligence*, *151*(1–2), 155–176. [https://doi.org/10.1016/S0004-3702\(03\)00079-1](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(03)00079-1)
- Davis, R., & Hamscher, W. (1988). Model-based Reasoning: Troubleshooting. In *Exploring Artificial Intelligence* (pp. 297–346). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-934613-67-5.50012-5>
- Delahanty, L. M., & Halford, B. N. (1993). The role of diet behaviors in achieving improved glycemic control in intensively treated patients in the Diabetes Control and Complications Trial. *Diabetes Care*, *16*(11), 1453–1458. <https://doi.org/10.2337/diacare.16.11.1453>
- Dickhaus, H., & Heinrich, H. (1996). Classifying Biosignals with wavelet networks : A method for noninvasive diagnosis. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, *15*(5), 103–111. <https://doi.org/10.1109/51.537066>
- Dogantekin, E., Dogantekin, A., Avci, D., & Avci, L. (2010). An intelligent diagnosis system for diabetes on Linear Discriminant Analysis and Adaptive Network Based Fuzzy Inference System: LDA-ANFIS. *Digital Signal Processing: A Review Journal*, *20*(4), 1248–1255. <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2009.10.021>

- Dolan, B. (2010). FDA clears WellDoc for diabetes management | MobiHealthNews. Retrieved March 31, 2018, from <http://www.mobihealthnews.com/8539/fda-clears-welldoc-for-diabetes-management>
- Ellingsen, C., Dassau, E., Zisser, H., Grosman, B., Percival, M. W., Jovanovič, L., & Doyle, F. J. (2009). Safety constraints in an artificial pancreatic β cell: An implementation of model predictive control with insulin on board. *Journal of Diabetes Science and Technology*, *3*(3), 536–544. <https://doi.org/10.1177/193229680900300319>
- Eysenbach, G. (2001). What is eHealth? *Journal Medical Internet Research*, *3*(2), e20. <https://doi.org/10.2196/jmir.3.2.e20>
- Fagherazzi, G., & Ravaud, P. (2019). Digital diabetes: Perspectives for diabetes prevention, management and research. *Diabetes and Metabolism*, *45*(4), 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2018.08.012>
- Farmer, A., Gibson, O. J., Tarassenko, L., & Neil, A. (2005). A systematic review of telemedicine interventions to support blood glucose self-monitoring in diabetes. *Diabetic Medicine*, *22*(10), 1372–1378. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2005.01627.x>
- Fettweis, G., & Zimmermann, E. (2008). ICT Energy Consumption-Trends and Challenges. In *Proceedings of the 11th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications*, *2*(4), 6.
- Forouzanfar, M. H., Afshin, A., Alexander, L. T., Biryukov, S., Brauer, M., Cercy, K., ... Zhu, J. (2016). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*, *388*(10053), 1659–1724. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31679-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31679-8)
- Fox, S., & Duggan, M. (2013). *Health Online 2013. Pew Research Center* (Vol. 15). Retrieved from <http://pewinternet.org/Reports/2013/https://www.pewresearch.org/internet/2013/01/15/health-online-2013/Health-online.aspx>
- Friedman, C. P. (2009). A “Fundamental Theorem” of Biomedical Informatics. *Journal of the American Medical Informatics Association*, *16*(2), 169–170.

<https://doi.org/10.1197/jamia.M3092>

- Friedman, Charles P., Altman, R. B., Kohane, I. S., McCormick, K. A., Miller, P. L., Ozbolt, J. G., ... Williamson, J. (2004). Training the Next Generation of Informaticians: The Impact of "BISTI" and Bioinformatics - A Report from the American College of Medical Informatics. *Journal of the American Medical Informatics Association*, *11*(3), 167–172. <https://doi.org/10.1197/jamia.M1520>
- Funnell, M. M., Brown, T. L., Childs, B. P., Haas, L. B., Hosey, G. M., Jensen, B., ... Weiss, M. A. (2011). National standards for diabetes self-management education. *Diabetes Care*, *34*(1), 89–96. <https://doi.org/10.2337/dc11-S089>
- Garber, A. J., Abrahamson, M. J., Barzilay, J. I., Blonde, L., Bloomgarden, Z. T., Bush, M. A., ... Umpierrez, G. E. (2016). Consensus statement by the American association of clinical endocrinologists and American college of endocrinology on the comprehensive type 2 diabetes management algorithm - 2016 executive summary. *Endocrine Practice*, *22*(1), 84–113. <https://doi.org/10.4158/EP151126.CS>
- Garcia-Rochin, R. (2007). Qué es la Infomática en la Salud? *Salud En Tabasco*, *13*(1), 607–610. <https://doi.org/48713109>
- Gavalas, D., Konstantopoulos, C., Mastakas, K., & Pantziou, G. (2014). Mobile recommender systems in tourism. *Journal of Network and Computer Applications*, *39*, 319–333. <https://doi.org/10.1016/J.JNCA.2013.04.006>
- Goyal, S., & Cafazzo, J. A. (2013). Mobile phone health apps for diabetes management: Current evidence and future developments. *QJM*, *106*(12), 1067–1069. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hct203>
- Gubb, S., Holmes, J., Smith, G., Geen, J., Williams, J., Donovan, K., & Phillips, A. O. (2020). Acute Kidney Injury in Children Based on Electronic Alerts. *Journal of Pediatrics*. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2019.11.019>
- Haas, L., Maryniuk, M., Beck, J., Cox, C. E., Duker, P., Edwards, L., ... Youssef, G. (2012). National Standards for Diabetes Self-Management Education and Support. *The Diabetes Educator*, *38*(5), 619–629. <https://doi.org/10.1177/0145721712455997>
- Harrow, J., Frankish, A., Gonzalez, J. M., Tapanari, E., Diekhans, M., Kokocinski, F., ... Hubbard, T. J. (2012). GENCODE: The reference human genome annotation for

- the ENCODE project. *Genome Research*, 22(9), 1760–1774.
<https://doi.org/10.1101/gr.135350.111>
- Harvey, R. A., Dassau, E., Zisser, H., Seborg, D. E., Jovanović, L., & Doyle, F. J. (2012). Design of the health monitoring system for the artificial pancreas: low glucose prediction module. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 6(6), 1345–1354. <https://doi.org/10.1177/193229681200600613>
- Heintzman, N. D. (2016). A Digital Ecosystem of Diabetes Data and Technology. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 10(1), 35–41.
<https://doi.org/10.1177/1932296815622453>
- Hersh, W. R., & Hoyt, R. E. (2018). *Health Informatics: Practical Guide* (Seventh Ed). Informatics Professionals. Retrieved from
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=UnxDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=HEALTH+INFORMATICS:+practical+guide+seventh+edition&ots=562b8y8CwA&sig=K0L9VGGs_YEhYQf_IzuZZzqgt2k#v=onepage&q=HEALTHINFORMATICS%3A practical guide seventh edition&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=UnxDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=HEALTH+INFORMATICS:+practical+guide+seventh+edition&ots=562b8y8CwA&sig=K0L9VGGs_YEhYQf_IzuZZzqgt2k#v=onepage&q=HEALTHINFORMATICS%3A+practical+guide+seventh+edition&f=false)
- Hoch, D., & Ferguson, T. (2005). What I've Learned from E-Patients. *PLoS Medicine*, 2(8), e206. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0020206>
- Karuranga, S., Fernandes, J. da R., Huang, Y., & Malanda, B. (2017). *IDF diabetes atlas 2017*. Retrieved from <http://diabetesatlas.org/resources/2017-atlas.html>
- Katehakis, D. G., Gonçalves, J., Masi, M., & Bittins, S. (2017). Interoperability Infrastructure Services to enable Secure, Cross-Border, Operational eHealth Services in Europe. In *Proceedings of the 17th International HL7 Interoperability Conference IHIC* (pp. 40–51). Retrieved from
<http://www.ics.forth.gr/~katehaki/publications/ihic17.pdf>
- Kaur, P. D., & Chana, I. (2014). Cloud based intelligent system for delivering health care as a service. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(1), 346–359. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.09.013>
- Kay, M., Santos, J., & Takane, M. (2009). *Atlas eHealth country profiles: based on the findings of the second global survey on eHealth*. World Health Organization (Vol. 1). Retrieved from
http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44502/9789241564168_eng.pdf?sequence=1

- Klonoff, D. C. (2012). The Current Status of Bolus Calculator Decision-Support Software. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 5147(5), 990–994. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/193229681200600501>
- Klonoff, D. C. (2016). Telemedicine for Diabetes. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 10(1), 3–5. <https://doi.org/10.1177/1932296815622349>
- Lagos-Ortiz, K., Medina-Moreira, J., Paredes-Valverde, M., Espinoza-Morán, W., & Valencia-García, R. (2017). An ontology-based decision support system for the diagnosis of plant diseases. *Journal of Information Technology Research (JITR)*, 10(4), 42–55. <https://doi.org/10.4018/JITR.2017100103>
- Lee, I. M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N., Katzmarzyk, P. T., ... Wells, J. C. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *The Lancet*, 380(9838), 219–229. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61031-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61031-9)
- Lee, J. (2014). Hype or hope for diabetes mobile health applications? *Diabetes Research and Clinical Practice*, 106(2), 390–392. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2014.11.001>
- Lee, R. G., Hsiao, C. C., Chen, K. C., & Liu, M. H. (2005). An intelligent diabetes mobile care system with alert mechanism. *Biomedical Engineering - Applications, Basis and Communications*, 17(4), 186–192. <https://doi.org/10.4015/S1016237205000299>
- Li, M., & Istepanian, R. S. H. (2003). 3G network oriented mobile agents for intelligent diabetes management: a conceptual model. *4th International IEEE EMBS Special Topic Conference on Information Technology Applications in Biomedicine, 2003*, 31–34. <https://doi.org/10.1109/ITAB.2003.1222413>
- López, B., Herrero, P., & Martin, C. (2016). Pepper: Patient Empowerment Through Predictive Personalised Decision Support. *ECAI Workshop on Artificial Intelligence for Diabetes*, 8–9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.427542>
- Marcolino, M. S., Oliveira, J. A. Q., D'Agostino, M., Ribeiro, A. L., Alkmim, M. B. M., & Novillo-Ortiz, D. (2018). The Impact of mHealth Interventions: Systematic Review of Systematic Reviews. *JMIR MHealth and UHealth*, 6(1), e23. <https://doi.org/10.2196/mhealth.8873>
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). Cloud

- computing - The business perspective. *Decision Support Systems*, 51(1), 176–189. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.006>
- Martín, I. S. M., Fernández, M. G., & Yurrita, L. C. (2014). Aplicaciones móviles en nutrición, dietética y hábitos saludables; análisis y consecuencia de una tendencia a la alza. *Nutricion Hospitalaria*, 30(1), 15–24. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.30.1.7398>
- McNab, C. (2009). What social media offers to health professionals and citizens. *Bulletin of the World Health Organization*, 87(8), 566. <https://doi.org/10.2471/BLT.09.066712>
- Moen, A., Hackl, W. O., Hofdijk, J., Van Gemert-Pijnen, L., Ammenwerth, E., Nykänen, P., & Hoerbst, A. (2013). eHealth in Europe – Status and Challenges. *IMIA Yearbook of Medical Informatics*, 22(1), 59–63. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1638833>
- Moorhead, S. A., Hazlett, D. E., Harrison, L., Carroll, J. K., Irwin, A., & Hoving, C. (2013). A new dimension of health care: systematic review of the uses, benefits, and limitations of social media for health communication. *Journal of Medical Internet Research*, 15(4), e85. <https://doi.org/10.2196/jmir.1933>
- Müller, A. M., Alley, S., Schoeppe, S., & Vandelanotte, C. (2016). The effectiveness of e- & mHealth interventions to promote physical activity and healthy diets in developing countries: A systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 13(1), 109. <https://doi.org/10.1186/s12966-016-0434-2>
- Nangalia, V., Prytherch, D. R., & Smith, G. B. (2010, September 24). Health technology assessment review: Remote monitoring of vital signs - current status and future challenges. *Critical Care*. <https://doi.org/10.1186/cc9208>
- Nathan, D. M., Buse, J. B., Davidson, M. B., Ferrannini, E., Holman, R. R., Sherwin, R., ... European Association for Study of Diabetes. (2009). Medical management of hyperglycemia in type 2 diabetes: a consensus algorithm for the initiation and adjustment of therapy: a consensus statement of the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes. *Diabetes Care*, 32(1), 193–203. <https://doi.org/10.2337/dc08-9025>
- Nishihara, T., Parwak, Y., Edogun, E., & Park, G. (2020). The Promise of Gamification

- in Addressing Health Challenges of the Modern World. *Impacts of Information Technology on Patient Care and Empowerment*, 6, 100–108.
<https://doi.org/10.4018/978-1-7998-0047-7.ch006>
- Oh, H., Rizo, C., Enkin, M., & Jadad, A. (2005). What is eHealth (3): a systematic review of published definitions. *Journal of Medical Internet Research*, 7(1), e1.
<https://doi.org/10.2196/jmir.7.1.e1>
- Organization, W. H. (2016). *Global Report on Diabetes*. Retrieved from
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204871/9789241565257_eng.pdf?sequence=1
- Organization, W. H. (2017). Global atlas of medical devices WHO medical devices technical series. *World Health Organization*, 480. Retrieved from
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/255181>
- Pagliari, C. (2007). Design and evaluation in eHealth: challenges and implications for an interdisciplinary field. *Journal of Medical Internet Research*, 9(2), e15.
<https://doi.org/10.2196/jmir.9.2.e15>
- Pirnejad, H., Bal, R., & Berg, M. (2008). Building an inter-organizational communication network and challenges for preserving interoperability. *International Journal of Medical Informatics*, 77(12), 818–827.
<https://doi.org/10.1016/J.IJMEDINF.2008.05.001>
- Polat, K., Güneş, S., & Arslan, A. (2008). A cascade learning system for classification of diabetes disease: Generalized Discriminant Analysis and Least Square Support Vector Machine. *Expert Systems with Applications*, 34(1), 482–487.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.09.012>
- Quintana, Y., & Safran, C. (2017). Global Health Informatics-An Overview. In *Global Health Informatics* (pp. 1–13). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804591-6.00001-X>
- Reardon, S. (2011). A world of chronic disease. *Science*, 333(6042), 558–559.
<https://doi.org/10.1126/science.333.6042.558>
- Ricci, F., Rokach, L., & Shapira, B. (2011). Introduction to Recommender Systems Handbook. In *Recommender Systems Handbook* (pp. 1–35). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-85820-3_1
- Riggare, S. (2018). E-patients hold key to the future of healthcare. *BMJ (Online)*,

360(k), 846. <https://doi.org/10.1136/bmj.k846>

- Rosenfalck, A. M., & Bendtson, I. (1993). The Diva System, a computerized diary, used in young type 1 diabetic patients. *Diabete & Metabolisme*, *19*(1), 25–29. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8504881>
- Rosser, B. A., & Eccleston, C. (2011). Smartphone applications for pain management. *Journal of Telemedicine and Telecare*, *17*(6), 308–312. <https://doi.org/10.1258/jtt.2011.101102>
- Rossi, M. C. E., Nicolucci, A., Pellegrini, F., Bruttomesso, D., Bartolo, P. Di, Marelli, G., ... Vespasiani, G. (2009). Interactive Diary for Diabetes: A Useful and Easy-to-Use New Telemedicine System to Support the Decision-Making Process in Type 1 Diabetes. *Diabetes Technology & Therapeutics*, *11*(1), 19–24. <https://doi.org/10.1089/dia.2008.0020>
- Ryu, S. (2012). mHealth: New Horizons for Health through Mobile Technologies: Based on the Findings of the Second Global Survey on eHealth. *Healthcare Informatics Research*, *18*(3), 231–233. <https://doi.org/https://doi.org/10.4258/hir.2012.18.3.231>
- Sahi, A., Lai, D., & Li, Y. (2016). Security and privacy preserving approaches in the eHealth clouds with disaster recovery plan. *Computers in Biology and Medicine*, *78*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2016.09.003>
- Salas-Zárate, M. D. P., Medina-Moreira, J., Lagos-Ortiz, K., Luna-Aveiga, H., Rodríguez-García, M. Á., & Valencia-García, R. (2017). Sentiment Analysis on Tweets about Diabetes: An Aspect-Level Approach. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, *2017*, 9. <https://doi.org/10.1155/2017/5140631>
- Saleh, A., Mosa, M., Yoo, I., & Sheets, L. (2012). A Systematic Review of Healthcare Applications for Smartphones. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, *12*(67). <https://doi.org/10.1186/1472-6947-12-67>
- Sanou, B. (2018). *Measuring the Information Society Report 2018*. ITU News Magazine. Retrieved from <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/misr2018.aspx>
- Sarabi, R. E., Sadoughi, F., Orak, R. J., & Bahaadinbeigy, K. (2016). The effectiveness of mobile phone text messaging in improving medication adherence for patients

- with chronic diseases: A systematic review. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 18(5), e25183. <https://doi.org/10.5812/ircmj.25183>
- Shultz, E. K., Bauman, A., Hayward, M., & Holzman, R. (1992). Improved Care of Patients with Diabetes through Telecommunications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 670(1 Extended Clin), 141–145. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1992.tb26084.x>
- Snow, J. (1855). *On the mode of communication of cholera*. (2d ed., much enl.). London: John Churchill. Retrieved from <http://www.worldcat.org/title/on-the-mode-of-communication-of-cholera/oclc/15650776>
- Tang, F., & Tao, H. (2007). Fast linear discriminant analysis using binary bases. *Pattern Recognition Letters*, 28(16), 2209–2218. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2007.07.007>
- Tejeda-Lorente, Á., Porcel, C., Peis, E., Sanz, R., & Herrera-Viedma, E. (2014). A quality based recommender system to disseminate information in a university digital library. *Information Sciences*, 261, 52–69. <https://doi.org/10.1016/J.INS.2013.10.036>
- Thompson, D. M., Kozak, S. E., & Sheps, S. (1999). Insulin adjustment by a diabetes nurse educator improves glucose control in insulin-requiring diabetic patients: a randomized trial. *CMAJ*, 161(8), 959–962. Retrieved from <https://www.cmaj.ca/content/161/8/959.short>
- Tran, J., Tran, R., & White, J. R. (2012). Smartphone-based glucose monitors and applications in the management of diabetes: An overview of 10 salient “apps” and a novel smartphone-connected blood glucose monitor. *Clinical Diabetes*, 30(4), 173–178. <https://doi.org/10.2337/diaclin.30.4.173>
- Turnbull, F., & Collaboration, B. P. L. T. T. (2005). Effects of Different Blood Pressure-Lowering Regimens on Major Cardiovascular Events in Individuals With and Without Diabetes Mellitus Results of Prospectively Designed Overviews of Randomized Trials. *The Lancet*, 362(9395), 1527–1535. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)14739-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)14739-3)
- Umer, S., Afzal, M., Hussain, M., Latif, K., & Ahmad, H. F. (2012). Autonomous mapping of HL7 RIM and relational database schema. *Information Systems Frontiers*, 14(1), 5–18. <https://doi.org/10.1007/s10796-011-9309-x>

- Union, I. T. (2003). Standardization in e-health. *ITU News Magazine*, 2. Retrieved from <http://www.itu.int/itu-news/issue/2003/06/standardization.html>
- Walker, J., Pan, E., Johnston, D., Adler-Milstein, J., & al, e. (2005). (2005). The Value Of Health Care Information Exchange And Interoperability - ProQuest. *Health Affairs*, 24(1). <https://doi.org/10.1377/hlthaff.w5.10>
- Wang, M., Lau, C., Matsen, F. A., & Kim, Y. (2004). Personal health information management system and its application in referral management. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 8(3), 287–297. <https://doi.org/10.1109/TITB.2004.834397>
- Weber-Jahnke, J., Peyton, L., & Topaloglou, T. (2011). eHealth system interoperability. *Information Systems Frontiers*, 14(1), 1–3. <https://doi.org/10.1007/s10796-011-9319-8>
- Weed, L. L. (1968). Medical Records That Guide and Teach. *New England Journal of Medicine*, 278(12), 652–657. <https://doi.org/10.1056/nejm196803212781204>
- Wilkowska, W., & Ziefle, M. (2012). Privacy and data security in E-health: requirements from the user's perspective. *Health Informatics Journal*, 18(3), 191–201. <https://doi.org/10.1177/1460458212442933>
- Wu, J. H., Wang, S. C., & Lin, L. M. (2007). Mobile computing acceptance factors in the healthcare industry: A structural equation model. *International Journal of Medical Informatics*, 76(1), 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2006.06.006>
- Wyatt, J. C., & Liu, J. L. Y. (2002). Basic concepts in medical informatics. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56(11), 808–812. <https://doi.org/10.1136/JECH.56.11.808>
- Xiao, Y., Seagull, F. J., Nieves-Khouw, F., Barczak, N., & Perkins, S. (2004). Organizational-historical analysis of the “failure to respond to alarm” problems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, 34(6), 772–778. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2004.836781>
- Yuan, N. J., Zheng, Y., Zhang, L., & Xie, X. (2013). T-finder: A recommender system for finding passengers and vacant taxis. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 25(10), 2390–2403. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2012.153>
- Zheng, P., & Ni, L. M. (2006). *Smart phone and next generation mobile computing*.

Burlington : Morgan Kaufmann.

Zheng, Z., Ma, H., Lyu, M. R., & King, I. (2009). WSRec: A Collaborative Filtering Based Web Service Recommender System. In *2009 IEEE International Conference on Web Services* (pp. 437–444). IEEE.

<https://doi.org/10.1109/ICWS.2009.30>

Zhou, F., Yang, H. I., Álamo, J. M. R., Wong, J. S., & Chang, C. K. (2010). Mobile personal health care system for patients with diabetes. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 6159 LNCS, pp. 94–101).

https://doi.org/10.1007/978-3-642-13778-5_12