



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias de la Vida

**“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA EL
CÁLCULO DE LA DOSIS DE INSULINA DIARIA DE LOS
PACIENTES DE LA FUNDACIÓN FUVIDA”**

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

Biólogo

FREDDY PATRICIO CAÑIZARES CARDENAS

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017 - 2018

AGRADECIMIENTOS

No existe forma más sincera que agradecer a cada una de las personas que estuvieron a mí lado a través de estos últimos años de carrera universitaria que nombrarlos aquí. Especialmente a mis maestros, compañeros y a todos aquellos que me han enseñado a convertirme no solamente en un biólogo de la República del Ecuador, sino también en un mejor ser humano.

Agradezco también a mi tutor y mentor, el MSc. Cesar Bedoya, quien junto sus conocimientos y liderazgo fue posible la realización de este proyecto. A la “Fundación Fuvida” por abrirnos las puertas y permitirnos trabajar junto con ellos. Y especialmente, a mis padres y a mis hermanos, quienes son los motores de todo lo que hago y he logrado en la vida.

DEDICATORIA

Le dedico este proyecto a todos aquellos quienes creen en sí mismos que, sin importar de los comentarios de las personas y la envidia de otros, ellos siguen dándole con coraje a sus sueños. A todos aquellos valientes quienes dejan su ciudad de procedencia y todo lo que conocen, con tal de convertirse en lo que más anhelan.

También se lo dedico aquellos quienes padecen de Diabetes, esperando que nuestro pequeño esfuerzo logre de alguna forma transformar positivamente la calidad de vida de las personas que hagan uso de mí proyecto, especialmente aquellas personas que sobrellevan esta enfermedad.

Finalmente, a mis padres Miriam, Fredy, Claudia y Ramiro donde jamás dejaron de creer en mi talento y a mis hermanos, quienes son mi inspiración para seguir adelante día a día.

EVALUADOR DEL PROYECTO

Cesar Bedoya

Tutor Proyecto Integrador

Diego Gallardo

Profesor Materia Integradora

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Freddy Patricio Cañizares Cardenas

RESUMEN

La Diabetes Mellitus es una de las mayores causas de mortalidad, específicamente hablando la del Tipo 1, donde no solamente no se tiene mucha información de los casos, tampoco existen herramientas que ayuden a los pacientes de dicha enfermedad. La Fundación Fuvida es una entidad no gubernamental que se ha encargado de dar apoyo a familias con miembros que padecen de DM1. La insulino terapia es la base fundamental del tratamiento para pacientes de DM1, que constituye en la administración de bolos de insulina de acción rápida inmediatamente después de cada comida para lograr normalizar los trastornos metabólicos que se pueden dar debido al padecimiento de esta enfermedad. Se propone crear una aplicación para smartphones con sistema Android que permita ejecutar el cálculo de dosis de insulina donde se deben dosificar los usuarios que padecen de DM1 fundado en la capacidad de reconocer la idiosincrasia de alimentos provenientes de la dieta perteneciente a la población ecuatoriana; siendo el cálculo de insulina basado primariamente en todos los factores biopsicosociales de los pacientes que se ajustan por un modelo matemático con una interfaz amigable empatizada con el usuario final. La colaboración en el desarrollo del algoritmo de cálculo de dosis de insulina y del coeficiente de ajuste de la dosis diaria que se empleará en dicha aplicación, es el aporte biológico que se realiza en este proyecto multidisciplinario. “Lina” fue el nombre dado a la aplicación, desarrollada fundamentalmente para tener una interfaz con la capacidad de reconocimiento de platos típicos ecuatorianos y a su vez, que reconozca la cantidad de carbohidratos que ingiere el usuario al consumirlos. Se realizaron varias pruebas de implementación donde se determina una tasa del 61.63% de capacidad de reconocimiento visual que irá aumentando con el paso del tiempo que se progresa el uso de la aplicación, así como también la comparación con resultados de cálculos hechos por bombas de insulina de varios pacientes de Diabetes Mellitus Tipo 1 para poder certificar la seguridad y fiabilidad de sus resultados. Incluyente a todo ello, la aplicación también cuenta con un módulo de historial, donde todas las consultas hechas por el usuario se pueden quedar guardadas con el fin de que el endocrinólogo de cabecera del paciente pueda hacer una evaluación médica de su salud y como está llevándola, respecto a la comida que está ingiriendo.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
EVALUADOR DEL PROYECTO.....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
- JUSTIFICACIÓN DEL ABORDAJE DEL TEMA.....	2
CAPÍTULO 1.....	4
1. ¿QUÉ ES LA DIABETES MELLITUS?	4
1.1 LA DIABETES TIPO 1.	5
1.1.1 ¿Qué es?	5
1.1.2 Tratamiento	6
CAPÍTULO 2.....	8
2. ALGORITMO DE CALCULO DE BOLOS DE INSULINA.....	8
CAPÍTULO 3.....	11
3. ANÁLISIS DE LA PROPUESTA.....	11
3.1 IMPLEMENTACIÓN.	19
3.1.1 ¿Qué se realizó para demostrar su efectividad?	19
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
BIBLIOGRAFÍA.....	26

INTRODUCCIÓN

- SITUACIÓN DEL PROBLEMA

La diabetes mellitus se caracteriza por ser una enfermedad con la incapacidad de controlar la glucosa en la sangre en sus diferentes niveles. Se ha visto presente en los últimos 20 años de la población humana. Siendo en muchos países una de las mayores causas de mortalidad del mundo.

La incapacidad de poder controlar los niveles de glucosa en la sangre de sus propios cuerpos lleva consigo a grandes problemas de daño vascular, hipertensión, fallo renal y problemas cardiacos.

Se presenta de dos formas, pero para este proyecto, se abordará de la primera forma que es la Diabetes Mellitus Tipo 1. Quien se demuestra como una enfermedad consecuente de la incapacidad de producir insulina debido a que muchas células productoras del páncreas se han visto destruidas por su propio sistema inmune. Es una enfermedad con base genética, asociada estrechamente a patologías inmunes del organismo, derivación de los síntomas que presenta un paciente que la padece.

En Ecuador se considera esta enfermedad como la primaria causa de mortalidad y a su vez, de morbilidad en la población general, razón para que el Ministerio de Salud Pública haya tratado por varios años diferentes estrategias para poder socavar en las consecuencias de la enfermedad en el país.

De acuerdo con datos del INEC, la Diabetes Mellitus para el año 2013, produjo un alrededor de 4.695 fallecimientos, categorizándola como una de las más grandes razones de mortalidad en nuestra población ecuatoriana.

La Fundación FUVIDA, entidad sin fines de lucro no gubernamental, ha venido luchando por durante años para brindar un acceso a los pacientes de la Diabetes Mellitus Tipo 1 a los insumos necesarios que permitan medir diariamente los niveles de glucosa. FUVIDA maneja más de 200 pacientes con esta enfermedad, siendo en su mayoría niños y adolescentes que descubren a temprana edad que padecen de esta enfermedad. Los pacientes de DM Tipo 1 pertenecientes a FUVIDA, necesitan

de una forma de control de manejo diario de la glucosa en la sangre en sus distintos niveles, ya que constantemente deben ajustar la diferente dosificación, de acuerdo con la ingesta de carbohidratos en las comidas, actividades físicas y estados fisiológicos y emocionales. Esto requiere que los niños y los padres realicen cálculos matemáticos de baja dificultad pero que deben considerar varias variables para que la dosis sea útil y eficaz.

- **JUSTIFICACIÓN DEL ABORDAJE DEL TEMA**

La Fundación FUVIDA necesita un instrumento que garantice la eficiencia y la capacidad de realizar los cálculos antes nombrados, tomando en consideración varias variables pero que, a su vez, sea de bajo costo, portable, de fácil uso y de rápida implementación.

Existen aparatos que se encuentran a la venta del público para la realización de las medidas necesarias, tal es el caso de las bombas de insulina. Han sido uno de los mayores inventos que ha progresado en favor de la lucha de la Diabetes Mellitus Tipo 1, pero sucede que muchas de estas bombas han progresado tanto tecnológicamente al punto de convertirse en microcomputadores capaces de inyectar insulina mediante una programación previamente establecida; el problema recurre en que son demasiados costosos, entre cinco mil a diez mil dólares americanos, que se encuentra alejado de la realidad del 90% de pacientes de esta enfermedad.

Es posible encontrar en Internet, diferentes sitios gratuitos que permitan analizar la dosificación de insulina en los pacientes de Diabetes Mellitus Tipo 1, pero muchos de ellos se encuentran en idioma inglés o a su vez, no son claros en su funcionamiento y en sus resultados. También existen Aplicaciones Web de gran valor monetario que se deben cancelar estos valores mensual o anualmente, al cual no todas las personas interesadas pueden tener acceso. Un punto en común entre todos estos sitios en la web y así mismo, las aplicaciones, es que ninguno de ellos toma en cuenta la idiosincrasia de la cultura del país en el que trabajan, es decir, no toman en cuenta las costumbres o platos locales. Como también el contenido que cada uno de los platos de la región posee y así mismo, la cantidad de carbohidratos que cada uno de ellos posee.

- **DECLARACIÓN DE OBJETIVOS:**

○ GENERAL:

- Crear una aplicación móvil Android para el cálculo de la dosis diaria de insulina para pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 1, basado en el reconocimiento visual de alimentos provenientes de la dieta de la población ecuatoriana; siendo el cálculo de insulina fundamentado en los factores biopsicosociales de los pacientes que se ajustan por un modelo matemático con una interfaz amigable empatizada con el usuario final.

○ ESPECÍFICOS

- Desarrollar un factor que aborde el coeficiente de ajuste del valor insulina diario considerando la actividad física y estado fisiológico del paciente.
- Colaborar en el desarrollo del algoritmo de cálculo en insulina y del coeficiente de ajuste de la dosis diaria.
- Realizar un sondeo de eficiencia a través de una investigación de potencial de mercado para el uso de la aplicación.

CAPÍTULO 1

INFORMACIÓN GENERAL

1. ¿QUÉ ES LA DIABETES MELLITUS?

Para que el ser humano pueda subsistir, debe cumplir funciones básicas que logren ese objetivo y entre ellas, esta que debe alimentarse. Cuando se alimenta, el cuerpo humano logra convertir los alimentos en glucosa y enviarlos a la sangre; todo esto se realizará con la ayuda de la insulina, quien permite que la glucosa que reside en la sangre pase directamente a las células. Cuando ha logrado la glucosa su objetivo, es utilizado tanto como energía inmediata para el cuerpo humano o también puede ser usado como reservorio de energía para ser utilizada posteriormente. Pero si alguien padece de diabetes, tendrá problemas con la insulina de su cuerpo.

La Diabetes Mellitus (DM) es una enfermedad metabólica caracterizada en su mayoría por la deficiencia de la insulina en el cuerpo humano y su capacidad de reaccionar dentro del mismo. En un gran porcentaje, se la asocia con enfermedades a largo plazo, entre ellas está la disfunción y daño irreversible de varios órganos internos, especialmente en diferentes órganos importantes del cuerpo humano tales como los vasos sanguíneos, otro de los afectados son los riñones y tampoco se puede olvidar del corazón, la deficiencia que causa en los ojos, y el daño inmensurable que hace en los nervios [1].

A pesar de todo lo mencionado anteriormente, no todas las personas con esta enfermedad tienen el mismo problema, existen formas de diferenciarla según su tipo y el tiempo en el que esta enfermedad se pueda producir. Es de conocimiento público y científico la existencia de diversos tipos de diabetes como la Diabetes Mellitus tipo 1, también la Diabetes Mellitus Tipo 2 y por último, pero no menos importante el tipo de diabetes que se registra en el embarazo de muchas mujeres conocida como Diabetes Gestacional [2].

El prestigioso Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) clasifico a la DM como la segunda causa de muerte en la población ecuatoriana justamente detrás de las enfermedades que afectan al corazón; donde el 51% creció el número de fallecidos por esta enfermedad en los últimos 10 años desde el 2007 hasta el 2017 que fueron analizados estos datos, incrementando a 4906 casos de fallecidos en Ecuador. Siendo las mujeres las mayores afectadas por esta enfermedad a comparación de los casos en hombres en el 2017 [3].

1.1 LA DIABETES TIPO 1.

1.1.1 ¿Qué es?

La Diabetes Mellitus Tipo 1 (DM1) es una enfermedad donde su mayor característica es la destrucción de islotes pancreáticos dentro de las células beta y así como también de insulinopenia total; por lo que los individuos que padecen esta enfermedad conllevan una gran tendencia hacia la cetosis en condiciones basales [1].

Es una enfermedad que empieza a atacar especialmente a niños menores de cinco años donde cada vez reside más el aumento de esta tasa en la población ecuatoriana, sin hablar de las consecuencias que tienen a largo plazo si es que no se la trata correctamente y no se le da el seguimiento adecuado. Incita una morbilidad frecuente y disminuye de gran forma significativa las expectativas de vida de cualquier persona que padezca DM1.

Es importante reconocer la gran afectación que esta enfermedad ha tenido en la población ecuatoriana, ya que cada año se registran más casos en aumento de DM1; siendo alarmante el escenario actual al que se enfrenta el país sobre cómo lograr una reducción o al menos, un tratamiento o soporte de ayuda para todos aquellos que padecen esta enfermedad.

La gran incidencia que ha empezado a crecer alrededor de esyta enfermedad en diversos casos de los primeros años edad hasta aproximadamente los 4 años son de 32 casos, de 5 a 9 años son de 56

casos, de 10 a 14 años son de 109 casos, de 15 a 19 años son de 146 años, de 20 a 24 años son de 135 casos, de 25 a 34 años son de 492 casos, de 35 a 44 años son de 1189 casos, de 45 a 54 años son de 2934 casos, de 55 a 64 años son de 4539 casos y mientras que, de 65 años en adelante son de 6731 casos al año [3].

1.1.2 Tratamiento

El tratamiento en niños diabéticos debe ser muy importante una adecuada alimentación, ejercicio físico equivalente a sus actividades diarias, la insulino terapia y especialmente, el autocontrol a la cual se llega solamente con una educación diabetológica intensa que debe ser formada por profesionales y sus respectivos padres [1].

La correcta terapia debe permitir llevar al niño una vida prácticamente normal donde con una ausencia de complicaciones agudas y sintomatología de la enfermedad, le permitirá realizar sus actividades diarias sin molestia alguna. El apoyo emocional y psicológico por parte de los padres es fundamental para el progreso y tratamiento de esta enfermedad, ya que esto influenciará en la forma que es el niño diabético verá su enfermedad desde que se la diagnostican hasta su vida adulta y vejez.

La insulino terapia es la base fundamental del tratamiento que se debe aplicar a aquellos que padecen de DM1, donde básicamente se les administra una cantidad de bolos de insulina generalmente de acción rápida inmediatamente después de cada comida para lograr normalizar los trastornos metabólicos que se pueden dar debido al padecimiento de esta enfermedad [1].

Es importante recordar que hoy en día, se reconoce la existencia de artefactos electrónicos capaz de ayudar en el progreso y tratamiento de la enfermedad de pacientes que padecen de DM1, sin embargo, muchos de estos son excesivamente costosos y fuera del alcance del 90% que representa las personas que tienen que aprender a sobrellevar a esta enfermedad. Además, en plenitud del siglo XXI, el uso de celulares

smartphones ha dejado de ser un privilegio y se ha convertido en una necesidad para y desde los más pequeños hasta los más grandes; siendo Android específicamente el mayor interés de sistema operativo seleccionado por la población ecuatoriana a razón de que los aparatos electrónicos que lo usan son mucho más baratos que aquellos que utilizan otros sistemas operativos.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2. ALGORITMO DE CALCULO DE BOLOS DE INSULINA.

El cálculo fue basado en un aporte registrado por la Asociación Americana de la Diabetes donde nos sugiere que una terapia que es válida para los pacientes de esta enfermedad es una proyectada como intensiva de insulina donde se deberían aplicar diversas inyecciones en diferentes momentos de cada día según la ingesta de comida que cada paciente registra a un nivel de carbohidratos, también debe tomarse en cuenta la actividad física diaria que los pacientes realizan y por lo tanto la cantidad de glucosa en la sangre antes de las calorías ingeridas.

Estos estándares se basan en los resultados del histórico “Control de la Diabetes y Ensayo de Complicaciones” (DCCT) y la “Epidemiología de Estudio de Complicaciones” y las complicaciones de la diabetes que se logró documentar que la terapia intensiva de insulina en retrasos de DM1 es el inicio y ralentiza la progresión de la diabetes microvascular y reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular. Además, los resultados del DCCT mostraron que los pacientes que casi siempre ajustan su dosis de insulina de comida a la comida la ingesta alcanzó valores que fueron 0.5% punto inferior que los pacientes que nunca hicieron ajustes.

Un método para comparar la ingesta de comida con la ingesta de CHO es el llamado “Conteo de Carbohidratos” (CC). Es un sistema sistemático de enfoque para el cálculo del tamaño de bolo de insulina, y además de mejorar el control metabólico, CC ha demostrado mejorar la eficacia en el tratamiento contra la enfermedad, una complacencia con el tratamiento y riqueza psicológica para lograr aumentar la libertad dietética sin la concomitancia de los deterioros en los tan conocidos riesgosos factores cardiovasculares que conllevan en pacientes con DM1.

Bajo el concepto de “Conteo de Carbohidratos”, todos los cálculos que se puedan realizar deben concernirse en los bolos de insulina existentes, aun así, existe datos

que debemos tomar en cuenta como en la forma que actúa cada uno de los tipos de insulina, siendo preferencial la insulina que registre una actividad prolongada o también conocida como tasa basal donde el paciente tiene más posibilidades de sentirse mejor después de cada uso. El método para evaluar el progreso de la dosificación de insulina en los pacientes siempre será mediante revisión diaria, para ello se debe crear un factor que permita corregir los malos cálculos que puedan darse el cual llamaremos factor de corrección (FC) y otro factor que debemos tener siempre en cuenta es el registro de la porción de carbohidratos que representan los carbohidratos en la comida en base a la insulina (ICR) que deben dosificarse los pacientes. Estos datos deben ser realizados por cada uno de los pacientes de forma empírica, inclusive el cálculo de insulina en bolos que necesite cada uno porque cada caso es diferente y no a todos los pacientes podemos realizar el mismo cálculo ni tampoco es el mismo conteo.

El factor de corrección representa tan solo una unidad en el registro de glucosa en la sangre antes de la ingesta de calorías al ser inyectado el paciente a través de una insulina que sea de acción rápida. La porción de carbohidratos que registra la comida en base a la insulina es la cantidad de carbohidratos (CHO) que coincida necesariamente con un “efecto reductor” que se presenta al dosificarse con insulina de acción rápida. El algoritmo debería sin embargo tener en cuenta que hay a menudo una necesidad de una mayor adaptación de parámetros y que CF, así como los valores de ICR pueden variar durante el día.

Con una correcta medición de la dosis inyectada de insulina basal, el factor de corrección y la cantidad de carbohidratos que registra la comida en base a la insulina es más que seguro el cálculo en los pacientes de esta enfermedad. Otro de los pasos que se debe de hacer después de todas aquellas mediciones es el cálculo que representa la insulina en bolo al estimar su cantidad en carbohidratos que se ingerirá. Pero para lograr esto último, debe concernirnos la cantidad correcta de carbohidratos en base a diferentes alimentos donde cada uno de los platos que el paciente se pueda ingresar sea el correcto. Además, una glucosa en la sangre antes de la ingesta de calorías se debe lograr obtener de una medida y establecer un objetivo sobre la cantidad de glucosa que existe dentro de la sangre.

El objetivo de BG es específico del paciente según cada paciente con objetivos individuales y también pueden variar según la hora del día. La ecuación de bolo de insulina consiste en una parte de insulina de comida y una parte de corrección de insulina:

$$\text{Bolos de Insulina} = \frac{\text{CHO}}{\text{ICR}} + \frac{\text{Nivel Glucosa Actual} - \text{Nivel Glucosa Objetivo}}{\text{Factor de Corrección}}$$

Las ecuaciones de insulina en bolos son complejas y, para la mayoría de las personas, difícil y requiere mucho tiempo para resolverlo mediante cálculos mentales. Algo que sí complica el cálculo de dosis de insulina basal en pacientes de esta enfermedad es el factor de que los parámetros de los que se habla aquí varían de hora a hora haciendo complicado el cálculo. Justificando completamente el uso de dispositivos electrónicos que apoyen a los pacientes como una herramienta que beneficie a la mejoría de su salud y calidad de vida, donde permitirá corroborar de mejor manera y documentar a su vez el progreso de la enfermedad en diferentes pacientes con diferentes tratamientos intensivos.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE RESULTADOS DESEADOS

3. ANÁLISIS DE LA PROPUESTA.

La solución propuesta ejerce un gran impacto debido a no solo por su originalidad sino también por su gran funcionalidad. Se desarrolló una aplicación para los teléfonos móviles inteligentes que trabajen con el sistema Android debido a su bajo costo de creación y sus innumerables ventajas para el trabajo en conjunto de los desarrolladores y el sistema inteligente con el que trabajan los smartphones.

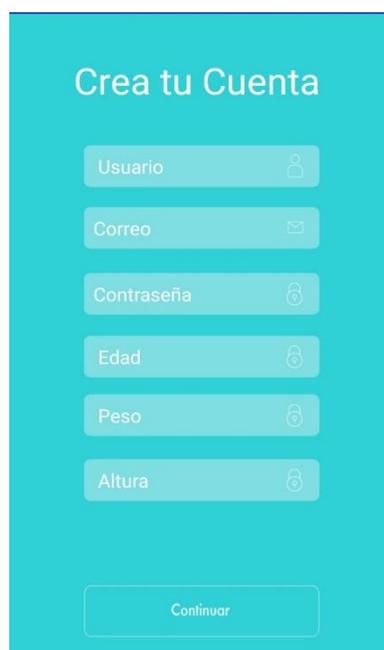
Esta aplicación presenta varios módulos de trabajo:

- Módulo de autenticación
- Módulo de selección de platos
- Módulo para el cálculo de insulina en dosis
- Módulo de record de historial del paciente

El módulo de autenticación trabaja con el paciente con la oportunidad que este se pueda registrar con un usuario y contraseña personales para que la aplicación lo reconozca como beneficiario de sus funciones. Se puede ver en las Figuras 3.1 y 3.2 respectivamente la pantalla de inicio de la aplicación y la pantalla de creación de cuenta dentro de la aplicación.



Figura 3.1: Pantalla de apertura de la aplicación



Crea tu Cuenta

Usuario

Correo

Contraseña

Edad

Peso

Altura

Continuar

Figura 3.2: Pantalla para el registro de nuevas cuentas de usuarios

Al entrar a la aplicación, se muestra un perfil con los datos del usuario que ingreso con anterioridad al crear la cuenta cómo se puede ver en la Figura 3.3. También en la barra inferior aparecen los botones de las otras funciones a las que tendrá el usuario al usar la aplicación. Se utilizó Navigation View para la realización de la barra menú en el sistema Android.



Figura 3.3: Pantalla principal de la aplicación

El módulo de selección de platos permite seleccionar la variedad de platos que se refleja en la idiosincrasia de la cultura ecuatoriana. Creada a partir de una base de datos con una plantilla de cinco tiempos expuestos de la siguiente manera:

Desayunos	Lácteos/Típicos	Coladas/Panes y Cereales	Batidos	Jugos	Zumos
Almuerzos y Cenas	Caldos/Arroces y Moros	Cremas/Pastas	Tortillas y variaciones	Empanadas y variaciones	Frutas
Ensaladas					
Postres					
Snacks					

Tabla 3.1: División de los platos típicos que se registraron para trabajar en la base de datos que se creó.

Todos los platos de comida que se trabajaron en la base de datos expuesta para el módulo de selección de platos están estimados por medidas caseras y así mismo por el gramaje de cada uno. Además de todo ello, se tomó en cuenta las tablas de composición de los alimentos para poder lograr obtener la cantidad de carbohidratos que se presentan en los platos.

La información trabajada en el módulo de selección de platos fue hecha gracias a encuestas, herramienta útil para el estudio observacional y comportamental de cada uno de los individuos encuestados sin modificar el entorno de vida de cada uno. Basado principalmente en el modelo de la OMS para realización de encuestas, de esta manera no se llegan a crear confusiones y la encuesta pueda ser tanto fluida como comprensiva.

En la Figura 3.4 se puede ver cómo funciona el módulo de selección de datos, estos datos que son mostrados fueron extraídos desde la base de datos que se creó previamente. Además, los categoriza por cantidad de carbohidratos que poseen los platos, sí estos se registran con el mismo valor de CHO, los categoriza por orden

alfabético. También existe un buscador para que sea más ágil la búsqueda de platos de comida si el usuario lo desea.

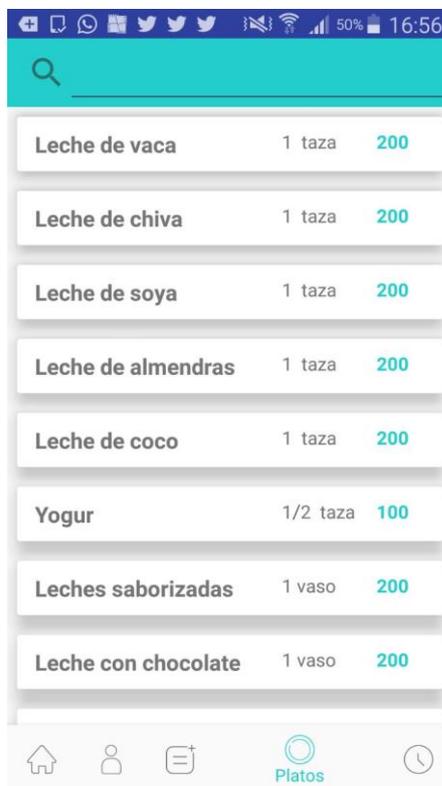


Figura 3.4: Despliegue de la diferente selección de platos que puede escoger el usuario.

El módulo de cálculo de dosis de insulina es el más complejo como se puede apreciar en la Figura 3.5 donde consta de dos partes: La primera parte es el cálculo de dosis de insulina basado en la selección de los platos y la cantidad de CHO que ingiere el paciente, mientras que, la segunda parte consta del reconocimiento visual de los alimentos para el cálculo automático de dosis de insulina según la cantidad de carbohidratos que tenga el plato de comida registrado en la fotografía.



Figura 3.5: Despliegue de los diferentes mecanismos de selección de modos en el que el usuario puede calcular la respectiva dosis de insulina que necesita.

Cuando se ingresa al modo manual de cálculo de insulina, el usuario de la aplicación puede determinar si su actividad física es alta, mediana o baja y así como sí se encuentra enfermo o no a más de la Diabetes que padece. Tendrá también la posibilidad de determinar su propio nivel de glucosa actual y su nivel de glucosa objetivo al que desea llegar. En esta opción, se puede agregar los platos que redirigirá al módulo de selección de platos para obtener la cantidad total de carbohidratos y así, calcular la dosis de insulina que el paciente podría necesitar, todo esto obviamente mostrado en la Figura 3.6 que se puede apreciar.

Figura 3.6: Despliegue del proceso que se debe realizar para un correcto cálculo de dosis de insulina.

Mientras cada uno de los pacientes o usuarios se encuentra agregando diferentes platos, cada uno será registrado en una base interna que almacenará la aplicación, así mismo sí el usuario se equivoca o ya no desea consumirlos puede eliminar los platos seleccionados tan solo deslizándolos a un lado de la pantalla.

La pantalla del cálculo de dosis de insulina va mostrando la cantidad total de carbohidratos según los platos que el usuario este ingresando o eliminando dentro del cálculo.

El botón de calcular dosis como su nombre indica, calcula la cantidad de unidades de insulina que el usuario debería inyectarse, la metodología seleccionada para este cálculo se encuentra en el Capítulo 2 de este proyecto.

Después de realizar el cálculo, aparecerá un recuadro pop up avisándole al usuario la cantidad de dosis de insulina correcta que puede ingresarse sí desea. Toda esta información la puede redirigir a un historial personal de consultas dentro de la misma

aplicación o puede seleccionar tan solo realizar una nueva consulta. La ventaja de redirigir la consulta que hace el usuario en el historial es que cuando en el futuro se pueda realizar la segunda fase de la aplicación, endocrinólogos y médicos serán capaces de llevar a cabo seguimientos de los pacientes tan solamente ingresando el usuario del paciente en una pagina web que se planea en desarrollo para la siguiente fase de este proyecto.

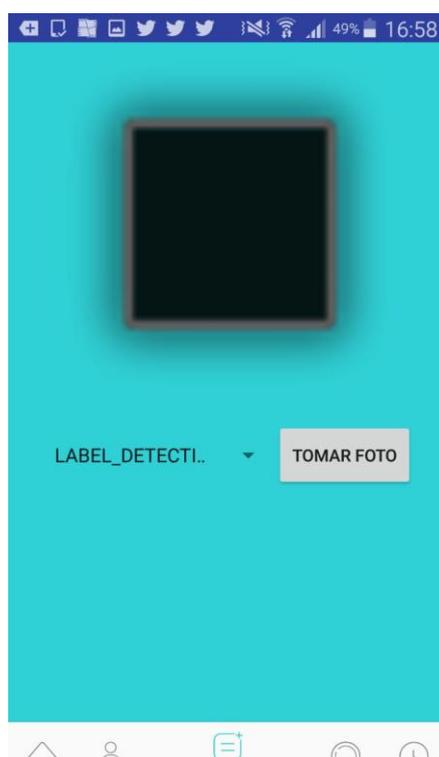


Figura 3.7: Módulo automático del cálculo de dosis de insulina

Es instintivo el reconocimiento de los platos en el modo automático, ya que la interfaz creada gracias al API existente de Google Creative Studio, calculando la cantidad de carbohidratos proporcional de los platos típicos que se presentan en la aplicación, así el usuario puede calcular correctamente su cantidad de dosis de insulina que necesita para su cuerpo.

Establecer en el sitio un diseño tipográfico o familia tipográfica, basado en lo que se quiere transmitir, desde este punto debemos resolver, cuál será el mejor camino para

una familia tipográfica adecuada y emitir un concepto apropiado. La tipografía futura sin Serif, es utilizada alrededor de toda la aplicación para ayudar con la legibilidad de la app. La elección de las tipografías tiene aspectos significativos en el proceso de diseño, las mismas pueden cambiar drásticamente el significado y comunicación de la app, y es de los apartados más constantes y persistentes del sitio. Se definió la tipografía futura como base del sitio, ya que directamente es un referente de las tipografías de palo seco. Tiene una distinción incuestionable en el mundo del diseño y entorno gráfico o visual.

La app se conforma por elementos gráficos minimalistas, y argumento reductivo evitando cargar la app de texto e imágenes, haciéndolo intuitivo y empatizando con el usuario. Los elementos minimalistas y espacios establecidos ayudan a descansar la vista del lector garantizando que leerá la información proporcionada por la app.

El ultra minimalismo se hace más característico en la sección de platos y cálculo para no confundir al usuario en el proceso, haciendo que esta tarea sea más sencilla. El consumidor de la aplicación básicamente debe seleccionar los platos y en qué cantidades se consumió. Esta sección se despoja totalmente de textos abundantes e invasivos, haciéndolo un apartado limpio, sin ningún tipo de distractor que pueda llamar la atención del usuario interesado en el proceso de cálculo.

Se establecen íconos minimalistas para atraer al consumidor e invitarlo a navegar por toda la aplicación sin imágenes complejas o apartados cargados de texto. Es así como en la diagramación de esta aplicación se organizan los espacios y contenidos, siguiendo varios de los principios del diseño y la publicidad, dándole el aspecto de un sitio profesional e independiente

En un gran porcentaje estadístico se ha podido determinar que los usuarios se basan en las tonalidades de las apps para seguir navegando, tener una gama de colores variada puede llegar a confundir al consumidor, es así como se estableció el celeste y blanco como identificadores cromáticos.

El color blanco y gris de los textos en algunas secciones reflejan la pureza, y estabilidad de la app. El color es un fragmento significativo dentro de la cromática de

cada aplicación y puede ser utilizado para evocar sensaciones al usuario. Por lo tanto, el tono celeste utilizado en la aplicación, fácilmente pueden reflejar el concepto a comunicar, en este caso, salud, estabilidad y control.

Para poder darle una imagen y representación a la aplicación creada, se debe crear un nombre y un logo que represente todo lo que se ha hecho. El nombre escogido fue “Lina” que viene de la terminación de insulina, así como las grandes marcas que utilizan terminaciones para reflejar sus productos, “Lina” será capaz de reflejar el desarrollo tecnológico que se está presentando en el mercado, además de tener un diseño agradable a la vista y llamativo donde en la “n” se puede apreciar la forma de un frasco de insulina.



Figura 3.8: Logo para la aplicación.

3.1 IMPLEMENTACIÓN.

3.1.1 ¿Qué se realizó para demostrar su efectividad?

Una vez implementada la aplicación en los teléfonos Android, se realizaron varias pruebas con objetivos fundamentales de analizar las habilidades y capacidades de esta.

Se realizaron tres tipos de pruebas: prueba de usabilidad, prueba de eficacia del cálculo de dosis de insulina y prueba de efectividad en el reconocimiento de alimentos.

La primera prueba que se realizó es la prueba de usabilidad, donde se procedió a realizarla con cuatro pacientes de Diabetes Mellitus Tipo 1, dos de ellos adultos y los otros dos eran adolescentes. De esta manera se

puede apreciar los diferentes puntos de vista según el análisis que ellos realizan sobre la aplicación en atributos como nivel de dificultad al usar la aplicación, combinación de colores y así mismo, en la satisfacción de la interfaz.

La forma en que se calificó los atributos de dificultad fue en el registro de una escala valores creada específicamente para este proyecto donde los posibles valores abarcaban desde : es realmente fácil de comprender, posee un valor normal de comprender y a su vez que sí es difícil de comprender. La mayor parte de los pacientes que se utilizaron para la calificación de la aplicación, la registraron como “normal de comprender” de manera que demuestra acople a una alta capacidad legible y agradable a la vista, mientras que el otro paciente la calificó de “fácil de comprender”.

Para la interfaz y combinación de colores, con respecto a la satisfacción que presenta el usuario, se dividió la calificación en: me agrada y no me agrada. Los pacientes más jóvenes querían una interfaz más entretenida acorde a sus edades y que fuese aún mucho más interactiva. Mientras que los pacientes adultos concordaron que les agradaba la interfaz y el matiz de la combinación de colores ya que cumplen con los objetivos médicos a los que se dirige y se desarrolla.

La segunda prueba que se realizó fue la prueba de efectividad de cálculo de dosis de insulina, donde se utilizó la bomba de insulina de dos pacientes de Diabetes Mellitus Tipo 1, quienes tenían 17 y 24 años respectivamente. Estas bombas de insulina tienen la capacidad de dar la cantidad correcta de dosis de insulina que los pacientes se deben administrar, pero como se había hablado anteriormente son muy caras, cuando comparamos los resultados que obtuvo la aplicación sobre la dosis que les sugiere que deben inyectarse fue la misma que indicaba estas bombas. Así podemos confirmar que el uso de una formula biológica completamente pura, permite también realizar un conteo correcto de unidades de insulina que se administrarán en el cuerpo.

Para finalizar, se realizó la prueba de efectividad en el reconocimiento de alimentos, el objetivo era conocer el porcentaje de efectividad de reconocimiento de alimentos de la aplicación, que fue diseñada gracias al API Vision de Google. El porcentaje que se demuestra fue concebido y definido en la capacidad visual de la interfaz de reconocer correctamente los platos de comida. Se seleccionaron 20 platos típicos usuales que se consumen habitualmente en nuestro país para realizar la respectiva prueba, definidos en la siguiente tabla:

Platos y bebidas que se registraron	Total de Alimentos	Reconocimiento Google Vision de los platos o bebidas	Porcentaje de efectividad Google Vision
Hayaca	2	1	66
Plato con guata "Guatita"	5	3	60
Pescado apanado	3	3	59
Carne con patacones	4	4	61
Gallina criolla en seco	1	1	62
Encebollado	2	2	13
Llapingacho	3	3	89
Ensalada de atún con arroz	2	2	56
Jugo de Naranja	1	2	100
Tostada mixta	2	2	100
Baguette	2	2	100
Pollo en caldo	1	1	100
Carne apanada y puré	2	3	100
Lasagna	4	4	100
Carne en Tallarín	3	3	100
Estofado de especias	4	4	100
Mora en helado	4	4	100
Fritada	2	2	100
Corviche de pescado	3	3	100
Chaulafán	1	1	75
Porcentaje total de la efectividad por Google API Vision de bebidas y platos ecuatorianos:			61.36%

Tabla 3.2: Comparación de efectividad de reconocimiento de alimentos entre API's.

El resultado esperado de la prueba demostrado arrojó que los datos del modelo de aprendizaje automático que fue creado gracias a la ayuda de Google Cloud API Vision posee una efectividad de reconocimiento del 61.36% de platos típicos ecuatorianos que se sirven habitualmente en nuestro país

con sus características únicas. Hay que resaltar que, al llegarse tratar de una red neuronal, este porcentaje se irá incrementando mientras vaya pasando el tiempo y se amplíe la cantidad de usuarios que lo usen, así como también de la base de datos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se realizó el ensamble de la aplicación móvil Android que calcule la cantidad de bolos de insulina que se debe dosificar en aquellos pacientes de DM Tipo 1.
2. El registro de reconocimiento por la capacidad de platos típicos que refleja la idiosincrasia de la Cultura Ecuatoriana, revela el avance tecnológico que representa la aplicación móvil con una capacidad de reconocimiento del 61.63% y que se encontrará aumentado con el paso del tiempo debido a su avanzada red neuronal.
3. La aplicación presenta la capacidad de accionar con el usuario en una interfaz amigable y comunicativa, de esta manera, se convierte de manejo uso y sencillo capaz de cumplir las expectativas de los usuarios.
4. Las pruebas realizadas en la aplicación revelaron que es fiable, correcta y de uso seguro, especialmente en su cálculo de dosis de insulina, ya que permite realizar la misma ponderación que realizan las bombas de insulina que cuestan miles de dólares.
5. La aplicación representa una propuesta nueva para el mercado biotecnológico, de tal manera que, tiene la posibilidad de crecer no solamente para la Cultura Ecuatoriana, sino también en toda la cultura hispana y los pacientes/usuarios que necesiten usar del dispositivo móvil para calcular su dosis de insulina respectiva.

Recomendaciones

1. Se debe realizar una segunda fase de estudio para el continuo desarrollo y avance de la aplicación, para que pueda seguir innovándose en el mercado.
2. Lograr incluir mejoras en el sistema de la aplicación, así evitar futuros problemas en el funcionamiento de la App.
3. El factor tiempo es un problema que logra jugar en contra, se debe planificar de mejor manera el desarrollo de la siguiente fase en base al tiempo que se tienen para presentar los resultados finales.

4. La aplicación tiene fines meramente académicos, no fines médicos. Así que ni sus autores, ni la Escuela Superior Politécnica del Litoral se hacen responsables por el uso incorrecto de esta aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. J. P. H. Dorado, «Diabetes mellitus tipo 1,» *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, vol. 47, nº 2, 2008.
- [2] A. D. Association, «Su Consejero de Diabetes,» [En línea]. Available: https://professional.diabetes.org/sites/professional.diabetes.org/files/media/Type_1_Spanish.pdf. [Último acceso: 16 Noviembre 2017].
- [3] I. N. d. E. y. C. (INEC), «Ecuador en Cifras,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Inforgrafias-INEC/2017/Diabetes.pdf>. [Último acceso: Enero 2018].