

**Calculador inteligente de bolo de insulina en skill Alexa Amazon para  
pacientes con diabetes mellitus y deficiencia visual**



Universidad  
del Cauca

**Juan Camilo Solarte Orozco**

**Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Sistemas  
Ingeniería de Sistemas  
Popayán, Marzo 2022**



**Calculador inteligente de bolo de insulina en skill Alexa Amazon para  
pacientes con diabetes mellitus y deficiencia visual**



**Universidad  
del Cauca**

**Monografía presentada como requisito parcial para optar por el título de  
Ingeniero en Sistemas**

**Juan Camilo Solarte Orozco**

Director: PhD. Oscar Andrés Vivas Albán  
Co-Directora: Ing. Juliana Manrique Córdoba

**Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Sistemas  
Ingeniería de Sistemas  
Popayán, Marzo 2022**



Nota de aceptación: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Firma del presidente del Jurado

\_\_\_\_\_

Firma del Jurado

**Marzo 2022**

## Agradecimientos

Primero que todo le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de esta bonita experiencia, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mi madre María Raquel Orozco Camayo por haber apoyado no solamente mis sueños, sino también los de mis hermanos, agradezco que a pesar de muchas circunstancias no se haya rendido y nos haya sacado adelante.

Agradezco a la Universidad del Cauca por haberme abierto las puertas de su conocimiento. A la facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, nido de muchos que como yo eligieron una carrera extraordinaria y que con mucho orgullo, amor, pasión y respeto representaré.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a mis directores: Juliana Manrique Cordoba y Oscar Andrés Vivas, por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad. De igual forma, quiero hacer un agradecimiento al PhD. José María Sabater Navarro y al ingeniero Juan David Romero Ante, que durante el desarrollo de esta investigación me brindaron sus consejos y conocimientos.

## Resumen

En términos de la literatura especializada, la retinopatía diabética es la complicación más frecuente de la diabetes mellitus de larga duración, ocasionando cambios retinales, así como la disminución de la visión. Estudios afirman que entre las personas con diabetes, la prevalencia global de retinopatía diabética es de un 22.27%, es decir una estimación de 150 millones de personas, además se prevé que para el 2045 las cifras aumenten a los 233 millones<sup>1</sup>.

Esta investigación presenta una nueva funcionalidad (skill) para el asistente virtual de voz Alexa Amazon, la cual permite apoyar el cuidado personal de los pacientes con diabetes mellitus que tengan o no discapacidades visuales. La lógica de la skill fue desarrollada como una calculadora de bolo para los pacientes, teniendo en cuenta un modelo de conteo de carbohidratos, grasas y proteínas consumidas. Respecto a la interacción, esta fue implementada basándose en el diálogo que pueda tener un mesero con un usuario, donde el sistema puede registrar cada uno de los alimentos que el usuario ingrese y respecto a la cantidad de macronutrientes que contenga cada uno de ellos, responderle al paciente el total de raciones consumidas y los porcentajes correspondientes al bolo normal y cuadrado. Además, se integró una base de datos donde se encuentran los macronutrientes de más de 500 alimentos, entre ellos hay comidas compuestas, alimentos genéricos y de marca.

A partir de la skill desarrollada, se realizaron varias pruebas de laboratorio en las cuales se buscó evaluar la comunicación usuario-Alexa y comprobar los resultados arrojados por la aplicación. También se desarrolló una investigación de campo que buscó evaluar la diferencia entre realizar una estimación mental y la estimación dada por la aplicación, demostrando la inexactitud que pueden tener los pacientes al momento de realizar un conteo de macronutrientes sin utilizar una herramienta que los apoye.

---

<sup>1</sup> Z. L. Teo *et al.*, "Global Prevalence of Diabetic Retinopathy and Projection of Burden through 2045", *Ophthalmology*, mayo de 2021. Accedido febrero 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.04.027>

## Abstract

In terms of the specialized literature, diabetic retinopathy is the most frequent complication of long-term diabetes mellitus, causing retinal changes, as well as decreased vision. Studies affirm that among people with diabetes, the global prevalence of diabetic retinopathy is 22.27%, that is, an estimate of 150 million people, and it is also expected that by 2045 the figures will increase to 233 million.

This research presents a new functionality (skill) for the virtual voice assistant Alexa Amazon, which allows to support the personal care of patients with diabetes mellitus with or without visual disabilities. The logic of the skill was developed as a bolus calculator for patients, taking into account a model of counting carbohydrates, fats and proteins consumed. Regarding the interaction, this was implemented based on the dialogue that a waiter can have with a user, where the system can record each of the foods that the user enters and with respect to the amount of macronutrients that each of them contains, respond to the patient the total of rations consumed and the percentages corresponding to the normal and squared bolus. Also, a database was integrated where the macronutrients of more than 500 foods are found, among them are compound meals, generic and brand foods.

Based on the developed skill, several laboratory tests were carried out in which the user-Alexa communication was evaluated and the results obtained by the application were verified. A field investigation was also developed that sought to evaluate the difference between making a mental estimate and the estimate given by the application, demonstrating the inaccuracy that patients may have when making a macronutrient count without using a tool that supports them.



# Contenido

<b>Agradecimientos</b>	<b>6</b>
<b>Resumen</b>	<b>7</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>14</b>
<b>2. Conceptos preliminares</b>	<b>16</b>
2.1. Diabetes	16
2.2. Tipos de diabetes	16
2.2.1. Tipo 1	16
2.2.2. Tipo 2	17
2.2.3. Otros tipos	17
2.3. Tratamientos	17
2.3.1. Terapia insulínica	18
2.3.1.1. Medición y control de los niveles de glucosa	18
2.3.1.2. Sensibilidad de insulina:	18
2.3.1.3. Tipos de administración	18
2.3.1.3.1. Administración basal	18
2.3.1.3.2. Administración de bolos	18
2.3.1.3.2.1. Bolo normal o estándar	18
2.3.1.3.2.2. Bolo cuadrado o extendido	19
2.3.1.3.2.3. Bolo corrector	19
2.3.1.3.2.4. Bolo dual	19
2.3.1.4. Dispositivos	19
2.3.1.4.1. Medición de glucosa	19
2.3.1.4.2. Administración de insulina	20
2.3.1.4.2.1. Múltiples Dosis de insulina (MDI)	20
2.3.1.4.2.2. Infusión Subcutánea Continua de Insulina (ISCI)	20
2.3.2. Ejercicio físico y dieta	20
<b>3. Estado del arte</b>	<b>22</b>
3.1. Tecnologías en diabetes	22
3.1.1. Monitores continuos de glucosa (MCG)	22
3.1.2. Bombas de administración de insulina	23
3.1.3. Sistemas software de datos	24
3.1.3.1. Ejemplos de sistemas software de datos	24
3.2. Apps y tecnología en el entorno de la salud	25
3.2.1. Aplicaciones móviles para la diabetes	26

3.2.2. Apps móviles para el cuidado de la diabetes	26
3.3. Asistentes virtuales en el entorno de la salud	27
3.3.1. Aplicaciones actuales de Alexa Amazon más utilizadas en la salud	28
3.4. Resumen y aprendizaje de la revisión bibliográfica	28
<b>4. Desarrollo de la investigación</b>	<b>30</b>
4.1. Análisis tecnológico	30
4.1.1. Necesidades y preferencias	30
4.1.2. Entorno de ejecución y lenguaje de programación	31
4.1.3. Alexa Amazon	32
4.1.3.1. Interfaz de usuario de voz (VUI)	32
4.1.3.2. Backend	32
4.1.4. Base de datos	32
4.1.4.1. Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)	32
4.1.4.2. Cloud Firestore	33
4.2. Modelo de conteo de carbohidratos, grasas y proteínas	33
4.2.1. Ecuaciones	33
4.2.2. Bases de datos	35
4.2.2.1. Integración Cloud Firestore	35
4.2.2.2. Integración Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)	37
4.3. Interfaz de lenguaje natural en la skill de Amazon Alexa que integra la traducción de macronutrientes.	38
4.3.1. Configuración del entorno de desarrollo	38
4.3.2. Desarrollo de la skill	38
4.3.2.1. Interfaz de usuario de voz (VUI)	39
4.3.2.2. Implementación de Backend	43
4.3.3. Arquitectura de la aplicación	50
4.3.4. Flujo de aplicación	51
4.3.4.1. CRUD de alimentos	51
4.3.4.2. Conteo de macronutrientes totales consumidos	52
4.3.4.3. Raciones totales consumidas y configuración del bolo dual	53
4.3.5. Diagrama de trabajo para petición de la skill	53
4.3.6. Pruebas	54
4.3.7. Despliegue	57
4.3.8. Pruebas realizadas por parte de los desarrolladores de Amazon	58
4.3.9. Monitoreo de la skill	59
<b>5. Evaluación del sistema</b>	<b>61</b>
5.1. Guías de estudio para el entendimiento de la skill	61
5.1.1. Manual de usuario	61

5.1.2. Protocolo	61
5.1.3. Tutoriales	62
5.2. Encuesta de satisfacción	62
5.3. Investigación de campo	64
5.4. Resultados	65
5.5. Margen de error relativo de los datos obtenidos por todos los pacientes	66
5.6. Margen de error relativo de los datos obtenidos por los pacientes con diabetes tipo 1	67
5.7. Margen de error relativo de los datos obtenidos por los pacientes con diabetes tipo 2	67
<b>6. Conclusiones y lecciones aprendidas</b>	<b>69</b>
<b>7. Referencias bibliográficas</b>	<b>71</b>
<b>8. Anexos</b>	<b>79</b>
8.1. Descripción general respecto a los controladores implementados.	79
8.2. Resumen de documentación de pruebas	82
8.2.1. Pruebas unitarias	82
8.2.2. Pruebas de integración	84
8.2.3. Pruebas de aceptación	85
8.2.4. Pruebas de Usabilidad	86
8.3. Diagrama de flujo	86
8.4. Archivos de la aplicación	89
8.4.1. Portion.js	89
8.5. Manual de usuario	92
8.6. Protocolo	94
8.7. Publicación	97
8.8. Poster	98

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1. DEXCOM G5	23
Figura 2. Bomba de insulina	24
Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de desarrollo de la <i>skill</i>	30
Figura 4. Flujo de trabajo del desarrollo de la <i>skill</i>	38
Figura 5. Arquitectura de la aplicación	50
Figura 6. Diagrama de trabajo para petición de la <i>skill</i> .	53
Figura 7. Resultado DualBolus de android	55
Figura 8. Resultado Bolo Dual	55
Figura 9. Resumen de pruebas realizadas por los testers de Amazon	59
Figura 10. Estadísticas del uso de la <i>skill</i>	60
Figura 11. Estadística, opinión de la aplicación.	63
Figura 12. Estadística, manejo de aplicación.	63
Figura 13. Estadística, información encontrada en la base de datos.	63
Figura 14. Estadística, uso manual de usuario.	64
Figura 15. Plato de arroz	64
Figura 16. Plato compuesto	64
Figura 17. Arroz con mariscos	65
Figura 18. Pescado frito	65

# LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Metabolización UGP	34
Tabla 2. Slots personalizados	40
Tabla 3. Intents	41
Tabla 4. Funciones	49
Tabla 5. Características de usuarios	62
Tabla 6. Tabla de registro de estimaciones	65
Tabla 7. Resultado de estimación de todos los pacientes.	65
Tabla 8. Estimación de Bolo Dual	66
Tabla 9. Margen de error relativo de los pacientes	66
Tabla 10. Resultado de estimación de los pacientes tipo 1	67
Tabla 11. Margen de error relativo de los pacientes con diabetes tipo 1	67
Tabla 12. Resultado de estimación de los pacientes tipo 2	68
Tabla 13. Margen de error de los pacientes con diabetes tipo 2	68

# 1.Introducción

Los dispositivos móviles como teléfonos inteligentes, tablets y PDA, se han convertido en una herramienta de uso frecuente, cambiando la forma en que las personas se divierten, comunican, informan, entre otras [1]. Conforme aumentan las adopciones de estos dispositivos, a la par crece el desarrollo de aplicaciones móviles (apps) de cualquier tipo en el mundo, y el área de la salud no es la excepción. El interés de las personas por encontrar métodos eficientes que les permita cuidar su salud es uno de los factores claves que permite el crecimiento de esta tecnología en esta área específica [2]. Entre todas las apps de cuidado personal que puedan ser encontradas en internet existen múltiples funcionalidades respecto al registro de datos de actividad física, seguimiento de ingestas de nutrientes, consejos de salud, asesorías, servicios de salud, entre muchas más.

Estas ayudas tecnológicas que se encuentran disponibles para dispositivos móviles también están siendo desarrolladas para los asistentes virtuales de voz, que se han popularizado últimamente. Las principales características por las cuales los usuarios utilizan esta tecnología se basan en el ahorro de tiempo, una interacción más rápida y el uso de un lenguaje natural asistido [3], además de la facilidad con que los usuarios que tienen alguna discapacidad visual puedan usarlas. Respecto al tema de deficiencias visuales, Amazon junto a Royal Nation of Blind People (RNIB) en el 2017 realizaron un énfasis de la cantidad de funciones útiles que un asistente virtual de voz como Alexa puede realizar para una persona invidente [4,5].

La innovación de estos asistentes virtuales por voz puede mejorar la forma de realizar un cuidado personal para pacientes con diferentes enfermedades o complicaciones. Una de ellas es la diabetes mellitus, la cual es un conjunto de enfermedades que en el caso de no ser cuidadas pueden ocasionar discapacidades visuales o físicas [6]. Los tipos de diabetes más destacados son los tipo 1 y tipo 2. El primero es desarrollado principalmente por niños y adolescentes, los cuales pasan a ser dependientes de insulina y propensos a complicaciones como exceso de ácidos en la sangre. La diabetes tipo 2 es desarrollada frecuentemente en personas que sobrepasan los 40 años con problemas de obesidad, y suelen necesitar solamente tratamientos con medicamentos orales durante varios años, aun así no están excluidos de necesitar insulina [7,8].

La alimentación en un paciente con diabetes constituye uno de los pilares fundamentales para el control de la enfermedad, ya que cada alimento consumido puede provocar diversos niveles de glucosa en sangre [9]. A pesar que la Asociación Americana de la Diabetes [10] considere a los carbohidratos como principal nutriente para tener en cuenta en el control de glucemia en la sangre, estudios realizados por la Universidad de Tuebingen [11] en Alemania demostraron como las grasas y proteínas aportan glucosa en diferente proporción y a una velocidad más lenta de metabolización con respecto a los carbohidratos [12]. Dado este concepto aparece la administración de insulina en régimen bolus-basal que se distingue en dos posibilidades, con múltiples dosis de insulina (MDI) y con infusión subcutánea continua de insulina (ISCI) [13]. Este último es un tratamiento basado en el uso de dispositivos de pequeño tamaño que permite infundir insulina de forma continua en el tejido celular subcutáneo [14].

Teniendo en cuenta la problemática orientada al cálculo de la administración de insulina respecto a los alimentos consumidos y el uso de herramientas tecnológicas enfocadas a la asesoría nutricional para pacientes con deficiencia visual, la presente investigación se desarrolló para una calculadora inteligente de bolo implementada como un asistente virtual de voz para Alexa Amazon, en el cual se puedan conocer la cantidad de raciones consumidas y su configuración de bolo dual, a partir de la ingesta de carbohidratos, grasas y proteínas. La herramienta Alexa Amazon es una herramienta desarrollada con inteligencia artificial que tiene la capacidad de automatizar la toma de decisiones, la resolución de problemas y el aprendizaje, basándose en el contexto de conversación que se tenga con el usuario. Dado esto, la inteligencia de la calculadora de bolo está enfocada específicamente en la herramienta en la cual se implementó la aplicación, permitiendo que los usuarios tengan una interacción natural y razonable con el dispositivo en el cual se encuentra activada Alexa Amazon, por otra parte, la calculadora posee una base de datos que puede ser retroalimentada de manera específica por el usuario, permitiendo registrar un nuevo alimento o actualizar la información de los alimentos ya almacenados.

Este estudio fue realizado dentro del acuerdo marco de cooperación internacional entre la Universidad del Cauca, Colombia y la Universidad Miguel Hernández de Elche, España, por medio del programa iberoamericano de tecnologías aplicadas al tratamiento de la diabetes (RitaDiab) [15]. Mediante una pasantía se realizó una estancia en la ciudad de Elche entre los días 10 de octubre de 2021 y el 20 de diciembre del mismo año. Durante esta estancia se llevó a cabo la finalización de la implementación de la *skill* y las pruebas realizadas en pacientes. Además, de la presente investigación se realizó una publicación científica para la 15ª Conferencia Internacional sobre Tecnologías Avanzadas y Tratamientos para la Diabetes (ATTD 2022) en Barcelona, España. Esta publicación contiene la información resumida respecto a los antecedentes, objetivos, métodos, resultados y conclusiones obtenidas.

## 2. Conceptos preliminares

### 2.1. Diabetes

El cuerpo humano descompone los alimentos que se ingieren y los transforma en glucosa y otros nutrientes que se necesitan, para luego ser absorbidos por el torrente sanguíneo a partir del tubo digestivo. La concentración de glucosa en sangre sube después de una comida y hace que el páncreas fabrique una hormona llamada insulina la cual es liberada al torrente sanguíneo y actúa como una llave que abre las puertas de las células para que pueda entrar glucosa a su interior. Existe un grupo de personas con incapacidad de fabricar insulina o no reaccionar adecuadamente a la hormona, ocasionando que la glucosa permanezca en el torrente sanguíneo [28,29].

Esta enfermedad, conocida como diabetes mellitus (DM) es un conjunto de enfermedades endocrino-metabólicas crónicas, que hasta el momento no tiene cura. Estas enfermedades se caracterizan por la dificultad de regulación de los niveles de glucosa en la sangre que se produce como consecuencia de un daño en el órgano glandular páncreas, no elaborando o dejando de sintetizar la cantidad de hormona peptídica insulina que el cuerpo humano necesita [7].

A medida que avanza el tiempo, la DM puede conllevar a terribles y dolorosas complicaciones crónicas como por ejemplo en el aparato cardiovascular, el cual viene siendo el más afectado por un infarto; en el cerebro, con accidentes vasculares ocasionando parálisis de los miembros inferiores, daño en riñones, afectación en los miembros periféricos dando como resultado 'mal pie diabético' el cual es el responsable de ser la causa más frecuente de la amputación de dichos miembros y finalmente la retinopatía diabética, llegando a ser la tercera causa de ceguera irreversible en el mundo [15,16].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el número de personas con diabetes pasó de 180 millones en el año 1980 a 422 millones en el 2014, y se prevé que para el año 2030 este dato se duplique si la tendencia actual continúa [17]. Con respecto a Colombia el ministerio de salud lleva reportes los cuales indican que 3 de cada 100 colombianos tienen diabetes. Sin embargo, se estima que el número real es mucho más elevado y una de cada 10 personas en Colombia sufre de esta enfermedad. Esto se debe a que casi la mitad de los individuos con esta patología no saben que están enfermos [18].

### 2.2. Tipos de diabetes

#### 2.2.1. Tipo 1

La diabetes mellitus tipo 1 (DM1) es una enfermedad causada por la destrucción autoinmune de las células beta del páncreas, lo que lleva a una deficiencia completa de insulina, por lo que las personas deben administrarse insulina exógena. Se presenta comúnmente en la infancia, aunque existen casos de personas diagnosticadas siendo adultos. La DM1 ocurre en individuos genéticamente susceptibles, siendo activada por agentes ambientales, los cuales son desconocidos. Se cree que el proceso autoinmune



ocurre durante meses o años antes de que se produzcan síntomas clínicos y se diagnostique hiperglucemia [19]. Es una enfermedad compleja e invasiva en la infancia, de difícil control ya que para el paciente conlleva varias complicaciones tanto físicas, clínicas y psicosociales [20,24].

### 2.2.2. Tipo 2

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) es una enfermedad en la cual no existe la suficiente insulina para satisfacer los requerimientos corporales, dada por una compleja alteración metabólica caracterizada por una combinación de resistencia a la insulina y alteraciones de la secreción de la misma. Ambos mecanismos tienen una base genética múltiple (asociación de diferentes polimorfismos) y un componente ambiental (obesidad abdominal, sedentarismo, etc). Además, diversas alteraciones hormonales, como la reducción de hormonas con acción incretina, el aumento de la secreción de glucagón y otras, participan en el desarrollo de la diabetes [25,26,27].

La DM2 solía ser poco habitual en niños y adolescentes, pero la incidencia es cada vez mayor. Sin embargo, lo habitual es que comience a partir de los 40 años en personas con los problemas de salud ya mencionados anteriormente [7].

### 2.2.3. Otros tipos

A pesar que los tipos de diabetes más comunes son los tipo 1 y tipo 2, también existen otros, como puede ser la diabetes gestacional, que es la presencia de glucemia alta durante el embarazo en mujeres que antes de la gestación no tenían diabetes (en la mayoría de los casos después del parto vuelve a sus límites normales). Esto se da debido a que las hormonas presentes durante el embarazo pueden dificultar el trabajo que realiza la insulina apareciendo alteraciones en el metabolismo de los carbohidratos y por ello la glucosa se eleva (hiperglucemia) [21]. O también la diabetes secundaria de medicamentos, la cual se debe a que existen drogas que pueden perjudicar la secreción de insulina. Aunque es posible que estos medicamentos no causen diabetes por sí mismos, pueden provocar la diabetes en personas con resistencia a la insulina [22].

## 2.3. Tratamientos

Actualmente no existe una cura para la diabetes, el objetivo de los tratamientos terapéuticos se basa en mantener los niveles de glucosa en sangre dentro de la normalidad para minimizar los eventos de hiperglucemia e hipoglucemia, evitando la evolución de las complicaciones que conlleva la enfermedad. El tratamiento de la diabetes se basa en la dieta, ejercicio físico y la medicación.

La insulina es el único tratamiento para la diabetes tipo 1. Para la diabetes tipo 2 el abanico terapéutico es más amplio, ya que, con adoptar un estilo de vida saludable y pérdida de peso, los niveles de glucosa pueden normalizarse. Además de que existen medicamentos los cuales permiten tener un mejor control de la glucosa en sangre.

### 2.3.1. Terapia insulínica

La insulino terapia es un elemento fundamental del tratamiento de los pacientes con diabetes mellitus tipo 1, donde su objetivo es conseguir un control metabólico óptimo; es decir, mantener la medida de concentración de glucosa libre en sangre en la normalidad evitando las hipoglucemias. Para ello, se deberá administrar la insulina de manera que controle la glucemia de un modo semejante a lo que ocurre en una persona sin diabetes [30].

#### 2.3.1.1. Medición y control de los niveles de glucosa

El análisis de glucosa sanguínea requiere el uso de un medidor de glucosa sanguínea. El medidor lee la cantidad de glucosa en una pequeña muestra de sangre, que normalmente se saca de la punta del dedo, y que se coloca en una tira reactiva desechable. Algunos medidores pueden analizar la sangre tomada de un sitio alternativo, como el antebrazo o la palma de la mano. Sin embargo, puede que las lecturas no sean tan precisas como las lecturas de las puntas de los dedos, especialmente después de una comida o durante el ejercicio, cuando los niveles de glucosa sanguínea cambian con mayor frecuencia [32].

#### 2.3.1.2. Sensibilidad de insulina:

Para realizar un correcto cálculo de dosis de corrección de azúcar en sangre se debe conocer el factor de sensibilidad de insulina del paciente, también conocido por factor de corrección, el cual es la cantidad de insulina necesaria para reducir los niveles de glucosa circulante. Esta sensibilidad es diferente para cada paciente y puede ser alterada por muchos factores, como son las características del paciente, alimentación, actividad física, niveles de estrés, entre otros [31, 33].

#### 2.3.1.3. Tipos de administración

La administración de insulina se puede clasificar en dos grupos en función del momento de la administración:

##### 2.3.1.3.1. Administración basal

Es una insulina de acción intermedia o de acción prolongada que se administra para mantener estables los niveles de glucosa cuando el organismo se encuentra en reposo, como puede ser entre comidas o durante toda la noche.

##### 2.3.1.3.2. Administración de bolos

Un bolo es una dosis voluminosa de un medicamento que se administra de una sola vez. Para las personas con diabetes, la administración de bolos es una dosis de insulina que se inyecta para controlar los niveles de glucosa en sangre.

##### 2.3.1.3.2.1. Bolo normal o estándar

Es el bolo habitual que se administra con una comida normal compuesta de hidratos de carbono, grasas y proteínas. El bolo se ajusta a los macronutrientes de la comida y al nivel de la glucemia inicial y se libera de una vez. Si el bolo es correcto, la insulina reduce el nivel de glucemia durante su tiempo de acción, al tiempo que evita picos.

#### 2.3.1.3.2.2. *Bolo cuadrado o extendido*

El bolo se administra en pequeñas cantidades durante un amplio periodo seleccionado, ideal para ingestas de alimentos de digestión prolongada

#### 2.3.1.3.2.3. *Bolo corrector*

Unidades de insulina que se administran en el cuerpo con el objetivo de corregir una hiperglucemia.

#### 2.3.1.3.2.4. *Bolo dual*

El bolo dual es una combinación de bolos estándar y extendido. Su utilización se basa en programar que pase una cantidad determinada de insulina inmediatamente y el resto en un bolo extendido. Al administrar la insulina de esta manera se pueden evitar las hipoglucemias que algunas personas con diabetes experimentan cuando toman comidas mixtas.

### 2.3.1.4. Dispositivos

Existen diferentes tipos de dispositivos que permiten controlar la glucosa en sangre:

#### 2.3.1.4.1. Medición de glucosa

Controlar los niveles de glucosa en sangre resulta un hábito indispensable para mantener la diabetes en control. Por ende, existen diferentes dispositivos que sirven para tener un control de la glucosa en sangre:

- **Glucómetro:**  
El glucómetro es la técnica más sencilla para poder obtener los niveles de glucosa, donde sólo basta con colocar una gota de sangre obtenida de un pinchazo con una lanceta para conocer el nivel de azúcar en la sangre [34].
- **Sistemas de monitorización continua de glucosa:**  
Es un dispositivo que mide los niveles de glucemia continuamente, dando lecturas cada 5 minutos (288 al día) durante las 24 horas del día. Este dispositivo ayuda a entender como la comida, el ejercicio y la medicación afectan los niveles de glucosa, lo que permite tratar mejor la diabetes. Estos monitores incluyen alarmas para indicar si los niveles de glucemia sobrepasan los niveles predefinidos o si caen por debajo de ellos [23].
- **Sistemas Flash de monitorización de glucosa:**  
El sistema flash consta de un sensor pequeño y redondo que se lleva en la parte posterior del brazo y mide la glucosa en el líquido intersticial a través de un pequeño filamento que se inserta justo debajo de la piel y se fija con un pequeño parche adhesivo. Al escanear el lector sobre el sensor, se obtiene rápidamente un valor de glucosa. Cada escaneo muestra un resultado de glucosa en tiempo real, una gráfica con el historial de las últimas 8 horas y una flecha con la tendencia. El lector almacena datos de hasta 90 días, con lo que ofrece una instantánea completa de los niveles de glucosa a lo largo del tiempo [23].

#### 2.3.1.4.2. Administración de insulina

La insulina no viene en pastillas porque el sistema digestivo la descompondrá antes de que tuviera la oportunidad de funcionar. Por ende, existen dos formas para administrar la insulina, por medio de una inyección o por medio de una infusión.

##### 2.3.1.4.2.1. Múltiples Dosis de insulina (MDI)

Las múltiples dosis de insulina consiste en administrar insulina en la grasa justo debajo de la piel con una jeringa y una aguja o un dispositivo similar a un bolígrafo que mantiene la insulina con una aguja conectada. La frecuencia de administración de insulina depende del tipo de diabetes que se tenga, de los niveles de glucosa en sangre y de la frecuencia con que se ingiera alimento. De esta manera las múltiples dosis de insulina que se administren pueden ser de cualquier tipo de administración de bolos [35].

##### 2.3.1.4.2.2. Infusión Subcutánea Continua de Insulina (ISCI)

Los dispositivos de infusión continua subcutánea de insulina (también conocidos como bombas de insulina), funcionan como un sistema abierto que libera insulina de forma continua en el tejido subcutáneo para lograr una insulinemia basal y de forma intermitente a través de bolos previos a las comidas y para corregir hiperglucemias. Estas bombas de insulina pueden programarse de manera que habitualmente se seleccione la infusión basal y los bolos se administren según las necesidades. [36]

### 2.3.2. Ejercicio físico y dieta

El ejercicio físico es una parte importante del tratamiento de la diabetes, pero tiene que estar orientado a controlar la glucemia, el mantenimiento de peso ideal, mejorar la calidad de vida y evitar la aparición de posibles complicaciones. Dentro de los beneficios que conlleva el realizar ejercicios físicos se encuentra el aumento de absorción de insulina desde el lugar de administración a la sangre, la disminución de los requerimientos de insulina ya que mejora la sensibilidad de la misma, entre otros. Aun así existen dos posibilidades de tener hipoglucemia asociada al ejercicio. La primera de ellas es tener una “bajada” durante la realización del ejercicio físico. La segunda es tener una hipoglucemia retrasada, la cual puede ocurrir entre 4 y 24 horas después de haber acabado la actividad física [37].

Por otra parte, el control de la ingesta viene siendo una parte fundamental del tratamiento de la diabetes tipo 1 para prevenir las complicaciones tanto agudas (hipoglucemia) como crónicas de esta enfermedad. Una parte relevante para la terapia alimenticia es el conteo de los hidratos de carbono que proveen los alimentos, ya que son los principales macronutrientes que proveen energía. Aun así, es imprescindible tener en cuenta la cantidad de proteínas y grasas que se consumen, ya que se ha comprobado que ingestas ricas en estos macronutrientes también aumentan la glucemia, aunque no tan rápido como los carbohidratos. De esta necesidad surge el concepto de UGP (Unidad Grasa - Proteína) avalado por la Sociedad Española de Diabetes [36, 38]. Teniendo en cuenta lo anterior un paciente con diabetes que necesite inyectarse insulina deberá sumar la cantidad de raciones de carbohidratos y las UGP para conocer la cantidad de insulina a administrar.

Para relacionar la cantidad de insulina a administrar con la cantidad de macronutrientes consumidos, se deberá tener en cuenta que una ración de carbohidratos equivale a 10 gramos de carbohidratos y una UGP equivale a 150 kilocalorías (kcal) según lo definido por la Sociedad Española de Diabetes [39], donde un gramo de grasa corresponde a 9 kcal y un gramo de proteína a 4 kcal. De esta manera multiplicando la cantidad de proteínas y grasas consumidas por el equivalente a kcal y dividiendo ese resultado entre 150 se podrán obtener la UGP tanto para las grasas como para las proteínas. Dado lo anterior sumando las raciones de carbohidratos y las UGP se podrá obtener la cantidad de raciones consumidas, la cual tiene una relación uno a uno con las unidades de insulina que corresponden.

## 3.Estado del arte

En esta sección se presenta un estudio del estado del arte de las herramientas tecnológicas utilizadas tanto para el control de la diabetes como el cuidado general de la salud. Entre ellas encontramos herramientas de software, aplicaciones móviles, asistentes virtuales de voz, entre otros.

### 3.1. Tecnologías en diabetes

El uso de diversas tecnologías ha estado mejorando durante los últimos años con el objetivo de optimizar el seguimiento y control de las personas con diabetes. Dentro de esta mejoría se encuentran monitores continuos de glucosa, bombas para la administración de insulina y sistemas software para el acceso y análisis de datos de dispositivos de diabetes [45].

#### 3.1.1. Monitores continuos de glucosa (MCG)

Debido a la gran cantidad de diversos medidores instantáneos de glucosa desarrollados nació la necesidad de enfocar la investigación de medición en una nueva técnica, la cual permite medir la glucosa por medio del líquido intersticial (entre las células) que se encuentra debajo de la piel [61]. Este tipo de medición fue aprobado por múltiples estudios y se realiza por medio de dispositivos mínimamente invasivos, realizando inserción de pequeños elementos en el organismo mediante un catéter, de esta manera determinar la glucosa en el tejido subcutáneo [62].

Respecto a la anterior investigación surgen los monitores continuos de glucosa, herramientas que permiten medir los niveles de glucosa de manera continua, las cuales proveen una lectura cada minuto. Esta tecnología sanitaria facilita la toma de decisiones terapéuticas a partir de datos en tiempo real, optimizando la insulinización y mejorando el cuidado y calidad de vida de los pacientes. Estas herramientas están compuestas por varios componentes: un sensor, el cual va unido a un filamento que se inserta en la piel a nivel intersticial, y a su vez este sensor envía los datos recogidos, mediante un transmisor, a un monitor receptor en los cuales los pacientes pueden ver su concentración de glucosa [45].

Existen dos tipos de monitores continuos de glucosa: los retrospectivos o ciegos (los datos recogidos pueden ser vistos por el endocrino) y los que son en tiempo real. Estos sensores miden la glucemia intersticial, por lo tanto, los valores que dan no son los que realmente tiene una persona a nivel sanguíneo, debido a que un cambio en la glucemia sanguínea tarda aproximadamente 10 minutos en reflejarse a nivel intersticial [46,47].

Los monitores continuos de glucosa que más se encuentran en el mercado son:

#### 1. DEXCOM G5

Es un MCG que posee un monitor donde se puede ver la glucemia en tiempo real. Una vez insertado el sensor a nivel subcutáneo con un ángulo de 45° (los demás

sensores suelen tener un ángulo de 90°) tienen que pasar un mínimo de 2h hasta que comience la monitorización. A partir de este punto necesita una calibración cada 12h. Este sensor es necesario cambiarlo cada 7 días. Tiene la capacidad de hacer determinaciones de glucosa cada 5 minutos y de calcular la tendencia de la concentración de glucosa cada 1, 3, 6, 12, y 24 horas. También está equipado con un sistema de alarma predictiva en caso de una complicación [48]. En la figura 1 se puede observar el dispositivo DEXCOM G5.



Figura 1. DEXCOM G5 [80].

## 2. SENSOR ENLITE

Este sensor pertenece a la empresa Medtronic. Tiene un monitor donde se pueden ver las determinaciones de glucosa que hace cada 5 minutos. También puede ir asociado a ISCI. Es necesario calibrar al principio a las 2 horas, luego a las 8 horas y por último cada 12 horas. El sensor es necesario cambiarlo cada 6 días y comienza su monitorización a la 1-2 horas tras ser insertado. Calcula la tendencia de la glucemia cada 3-6-12-24 horas. Posee alarmas ante una tendencia hacia hiperglucemia o hipoglucemia, pudiendo parar el sistema ISCI ante una hipoglucemia [49].

## 3. FREESTYLE LIBRE (ABBOTT)

Es capaz de dar la concentración de glucosa en el momento en el que el usuario lo demanda o bien 1 vez cada minuto. Va asociado a un monitor. Tiene la ventaja frente a los anteriores de que no necesita calibración. El sensor comienza a hacer mediciones a partir de la primera hora después de su instalación, y no es necesario cambiarlo hasta los 14 días. Puede dar la tendencia de la concentración de glucemia en las últimas 8h, 24h, y 14 días. No dispone de sistema de alarmas, pero sí que informa en el monitor mediante flechas la tendencia de la glucemia [47].

### 3.1.2. Bombas de administración de insulina

De la investigación realizada para crear una nueva técnica de medición de glucosa por medio del líquido intersticial, no sólo surgieron los medidores de glucosa continuo sino que también los sistemas de infusión subcutánea continua de insulina o bombas de administración de insulina (figura 2). Estos dispositivos tienen como función la

administración de insulina de forma continua, además su tamaño es similar al de un teléfono móvil. Están formados por dos componentes: un infusor de insulina (pequeño ordenador que ha sido programado para la administración de insulina de acción rápida las 24 horas al día), y un catéter de plástico que está insertado a nivel subcutáneo por el que se infunde la insulina. El infusor de insulina está formado por: un reservorio para insulina, varios botones, una batería y una pantalla en la cual se puedan ver todos los cambios realizados con respecto a la dosificación de insulina [50].

El funcionamiento de las bombas trata de imitar el funcionamiento pancreático mediante un régimen de bolo basal. Inyecta insulina las 24 horas del día y durante las comidas o en una situación de hiperglucemia [7].

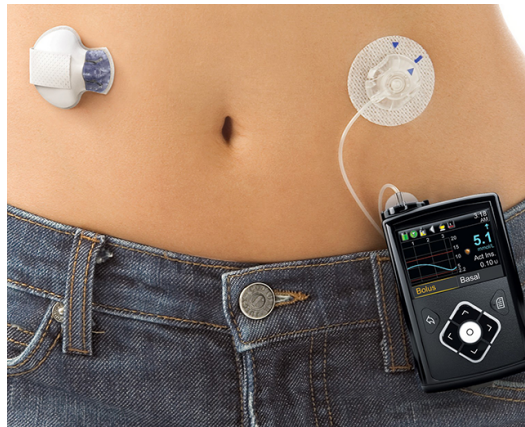


Figura 2. Bomba de insulina [81].

### 3.1.3. Sistemas software de datos

De la necesidad de que los padres, familiares y/o profesionales de la salud quieran conocer de manera remota los datos de los sensores continuos de glucosa que llevan los pacientes, surgen los sistemas de software de datos para pacientes diabéticos. Estos sistemas llegaron para apoyar a los pacientes de una forma más sencilla en el seguimiento de todos los datos recopilados. A su vez, permite que los médicos puedan acceder a los datos sin que los pacientes tengan que ir a consulta, favoreciendo así un control exhaustivo de los mismos. Además, los investigadores podrán acceder a los datos de los usuarios para generar modelos de predicción o ver qué margen de error generan los dispositivos de medición [56].

Dependiendo del sensor y/o receptor de glucemia utilizado, se han seguido múltiples procedimientos para llevar a cabo la monitorización de datos. En general se han utilizado técnicas de *hacking* o ingeniería inversa para lograr la extracción de información [56].

#### 3.1.3.1. Ejemplos de sistemas software de datos

- **Nightscout**

La creación de este sistema surgió de la necesidad que tenían algunos padres de conocer de manera remota los niveles de glucosa que arrojaba el sensor de los hijos. Cuando se implementó por primera vez, Nightscout era una solución específica para el monitoreo remoto de los datos de MCG Dexcom G4. Hoy en día,



existen soluciones Nightscout disponibles para muchos de los dispositivos CGM en el mercado global. Nightscout también proporciona visualización basada en navegador para usuarios de #openAPS y usuarios de Loop. El objetivo del proyecto es permitir el control remoto del nivel de glucosa de una persona con diabetes tipo 1 utilizando los dispositivos de control existentes [54].

- **Tidepool**

Tidepool es una empresa sin fines de lucro que crea herramientas y plataformas para liberar datos de dispositivos de diabetes, apoyar a investigadores y provee un software gratuito para las personas con diabetes y sus equipos para el cuidado de la salud. Su misión es hacer que los datos de los dispositivos para la diabetes sean más accesibles y puedan ser empleados de forma más sencilla y eficaz. El software actual de Tidepool ofrece una plataforma para las personas con diabetes y los profesionales al cuidado de ella donde puede analizarse todos los datos en un mismo lugar [55].

- **Diasend**

Es una web que permite la descarga de la mayoría de glucómetros, sensores continuos y bombas de insulina uniendo los datos en un único informe. Es un software gratuito y tiene un amplio abanico de dispositivos que descarga y vincula. Esta web une y descarga el 90% de los dispositivos para diabetes incluyendo MCG, bombas de insulina y glucómetros, a excepción de la marca Medtronic (y aquí está su mayor punto negativo) [53].

## 3.2. Apps y tecnología en el entorno de la salud

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los desarrollos destinados a la salud incluyen principalmente aplicaciones móviles (apps) destinadas directa o indirectamente a manejar o mejorar los comportamientos sanos, la calidad de vida y el bienestar de las personas [42]. El campo de la salud móvil (*mHealth*) se ha convertido en un subsegmento de la *eSalud*, que tiene que ver con el uso de tecnología de la información y la comunicación, como son los ordenadores, teléfonos móviles, GPS, monitores de pacientes, entre otros, para los servicios de salud e información.

Las aplicaciones móviles en el entorno de la salud han tenido un gran potencial, ya que proporcionan a los ciudadanos medios necesarios para gestionar su propia salud, mejorar la calidad de la asistencia sanitaria y asistir a los profesionales de la salud en su trabajo [43]. Gran parte de las aplicaciones móviles de salud que se pueden encontrar en las tiendas de apps están específicamente dirigidas a ayudar a las personas en su propia gestión de salud y bienestar. Otras aplicaciones móviles están dirigidas a los proveedores de atención médica como herramientas para mejorar y facilitar la prestación de atención al cliente [44].

Aun así, la calidad de las aplicaciones móviles médicas hoy en día es limitada, ya que su uso requiere de una supervisión de especialistas, ya sea por desconocer beneficios que pueden tener respecto a una enfermedad o por no integrar unos criterios claves para el funcionamiento de los sistemas [63]. Respecto a esto varios artículos han evaluado

algunas apps tanto de Google Play como de Apple Store, siendo gratuitas y de pago. Los criterios de evaluación para las funciones de las aplicaciones fueron: no necesidad de internet, tamaño de la aplicación menor a 50 MB, no necesidad de suscripción, herramienta educativa, comunicación, opción de entrada automática de datos, recordatorios y asesoramiento, otorgando un punto de disponibilidad por criterio, siendo el 8 la mayor calificación. Al evaluar las funciones de las aplicaciones, ninguna aplicación obtuvo una calificación mayor a 6, estas varían sus características y su usabilidad [63,64].

### 3.2.1. Aplicaciones móviles para la diabetes

Con el crecimiento sin precedentes de la tecnología móvil, los dispositivos inteligentes juegan un papel importante en el apoyo del autocontrol de la diabetes, hasta el punto de conseguir aplicaciones que puede realizar un seguimiento de los niveles de glucosa en sangre, medicamentos para la diabetes o cálculo de dosis de insulina prandial [64]. Estas aplicaciones tienen el potencial de convertirse en herramientas valiosas en el manejo de enfermedades crónicas, incluida la diabetes, apoyando la gestión en la terapia, aumento de la adherencia del tratamiento y previniendo las complicaciones de la enfermedad.

Las apps basadas en el autocontrol de la diabetes han mejorado el acceso a la información de salud para pacientes, facilitando la monitorización remota, dando recomendaciones oportunas y recordatorios para los usuarios, convirtiendo este tipo de salud móvil de tecnología emergente a atención médica. Para casi 100.000 aplicaciones móviles relacionadas con la salud, la diabetes es la condición más común, pero el rápido crecimiento del desarrollo de aplicaciones móviles impide significativamente la investigación sobre su uso y resultados relacionados, obstruyendo de esta manera evaluaciones para las aplicaciones actuales [63].

### 3.2.2. Apps móviles para el cuidado de la diabetes

- **Socialdiabetes**

La aplicación SocialDiabetes es un diario digital donde el paciente puede llevar un control completo de la diabetes. Permite registrar la dieta, los alimentos ingeridos y la cantidad de insulina suministrada, que se muestran en forma de gráficos muy visuales para el usuario. También ofrece recomendaciones personalizadas basadas en la información registrada, además de avisos sobre situaciones en las que se podría sufrir hipoglucemia. El nombre de esta app viene dado por una de sus funciones principales: los datos que el usuario registra pueden almacenarse en la nube "SocialDiabetes" para compartirlos con otros usuarios y con el médico; por ejemplo, las dietas. Disponible para Android y IOS [57].

- **GluQUO**

GluQUO es un diario de registro que, de forma similar a la app anterior, ayuda a llevar un control exhaustivo de los alimentos ingeridos, la actividad realizada y los niveles de glucosa según estos. Su característica más destacable es la calculadora de bolos: a partir de la información registrada, la app indica qué cantidad de insulina el paciente debe suministrarse. Otra de sus ventajas es que

puede sincronizarse con Apple Health para combinar estos datos con las pulsaciones y el historial de sueño, si se desea. Disponible sólo para IOS [58].

- **One Drop**

La aplicación One Drop permite llevar el seguimiento de la glucosa, la comida, la medicación, la actividad física realizada y el peso. También permite programar recordatorios para no olvidar la administración de la insulina y dispone de una plataforma con una comunidad de usuarios anónimos con quienes se puede compartir información, recomendaciones y experiencias. Esta aplicación está indicada para diabéticos, pre diabéticos y personas con colesterol elevado o presión arterial alta. Disponible para Android y IOS [59].

- **Dual-Bolus**

Dual-Bolus es una aplicación Android ideada por la Unidad de Diabetes Pediátrica del Hospital General Universitario de Alicante, España y desarrollada por el grupo de investigación en neuroingeniería biomédica (nBio) de la Universidad de Miguel Hernandez de Elche, España. Es una app que permite el cálculo del bolus dual a partir de las cantidades de carbohidratos, grasas y proteínas. Dual-Bolus facilita la introducción de los datos calculados en las bombas de infusión continua de insulina [60].

### 3.3. Asistentes virtuales en el entorno de la salud

La interacción por voz es algo que nos identifica como humanos, para la gran mayoría de las personas es el principal método de comunicación y en el entorno de la salud la voz puede ser usada para descubrir síntomas, realizar preguntas o buscar consejos. Una de las grandes tendencias de tecnologías de hoy en día es el concepto de asistente virtual inteligente. Los grandes de la tecnología, como Apple, Google y Amazon han invertido grandes esfuerzos por desarrollar productos con inteligencia artificial, con el objetivo de interactuar de una manera más rápida y natural con máquinas, para solucionar diferentes tipos de problemas [40].

Actualmente, se está viviendo un auge en el uso de asistentes virtuales y en gran medida se debe a la gran proliferación de los altavoces inteligentes (*Smart Speakers*). La idea de estos altavoces es que por medio de ellos puedas interactuar con los asistentes virtuales en el trabajo, en el hogar o en cualquier otro ámbito, sin la necesidad de estar interactuando con la tablet, el teléfono inteligente o computador [3].

Esta novedosa tecnología está ofreciendo una nueva frontera para la atención médica, varios hospitales y centros médicos de atención a largo plazo en el mundo están iniciando proyectos piloto para la utilización de estas herramientas [65, 66]. Un claro ejemplo se da en una de las instalaciones médicas situada en Los Ángeles, Estados Unidos, llamada Cedars-Sinai el cual utilizó la herramienta de Amazon para que los pacientes le informen a Alexa lo que necesitan y esta inteligencia artificial se encargue de hacerle llegar esta petición a la persona adecuada [67].

Claramente se ha notado el potencial de estas tecnologías en el campo de la salud, llevando a Amazon a crear nuevas *skills* (funcionalidades creadas por terceros para Alexa Amazon) para la atención médica, como lo es “*KidsMa*” que es una *skill* que permite dar a conocer a los padres los síntomas de sus hijos en caso de estar enfermos, con el objetivo de ayudarlos a decidir si ellos se pueden encargar o es mejor llevarlo donde un profesional. O también las *skills* “*Express Script*” y “*Swedish Health Connect*” los cuales ayudan a las personas a solicitar medicamentos y programación de citas con los proveedores de servicio de salud [68].

### 3.3.1. Aplicaciones actuales de Alexa Amazon más utilizadas en la salud

- **Sugarpod**  
Fue la *skill* ganadora en el Alexa Diabetes Challenge, por su plan de atención multimodal de habilitación por voz de Wellpepper, la cual tiene como fin mejorar la vida de los pacientes con diabetes tipo 2. La cofundadora y directora ejecutiva de Wellpepper, Anne Weiler, describió esta *skill* de esta manera: “Sugarpod ayuda a las personas recién diagnosticadas con diabetes tipo 2 a integrar nueva información y rutinas en la estructura de su vida diaria para autocontrolarse, conectarse con la atención y evitar complicaciones. El desafío nos mostró el atractivo de las soluciones de voz para los pacientes y el valor clínico de la detección temprana con soluciones basadas en el hogar” [69].
- **HeartGuide**  
La compañía Omron lanzó un reloj que puede calcular la presión arterial y comunicar las lecturas, conteo de pasos y registro de horas de sueño por medio de una *skill* de Alexa. La función de esta aplicación en Alexa, es monitorear y rastrear fácilmente los datos arrojados por *HeartGuide* a lo largo del tiempo, mientras recibes recordatorios diarios, notificaciones importantes y consejos útiles para el mantenimiento de un corazón estable [70,71].
- **myHEALTH WATCHER**  
Esta plataforma de salud lanzó una *skill* para Amazon Alexa, que permitirá mejorar el estilo de vida y salud de los usuarios que la utilicen, ayudando a mejorar los hábitos de las personas con información personalizada respecto a la alimentación, descanso, actividad física y bienestar emocional [41].
- **Servicios de ambulancia de Brewster en Massachusetts**  
Esta *skill* de Alexa utiliza dispositivos compatibles con la misma, prestando el servicio como asistencia médica para el personal de ambulancias, con el fin de ahorrar tiempo en una situación como suele ser de vida o muerte [72].

## 3.4. Resumen y aprendizaje de la revisión bibliográfica

Las investigaciones realizadas desde el inicio del siglo XXI para el control de la concentración de glucemia llevaron a desarrollar numerosas tecnologías centradas en los métodos de monitorización de glucosa y administración de insulina, procurando lograr una disminución del número de pinchazos diarios que reciben los pacientes con diabetes, ya sea para la administración de insulina o para los controles de glucemia. Al mismo tiempo

pretenden conseguir un perfil de glucemia similar al que se podría conseguir con un páncreas sano.

Además de que el siglo XXI trajera diferentes herramientas para el cuidado de los niveles de azúcar en la sangre, también se crearon diferentes tipos de técnicas de autocuidado, entre ellas, las aplicaciones móviles, las cuales llegaron con un gran potencial para integrar la educación sobre el autocuidado del paciente y motivar a los mismos para que mantengan comportamientos saludables, ayudándolos así a controlar sus enfermedades crónicas. Aun así, a pesar que las aplicaciones móviles hoy en día son accesibles para la gran mayoría de los pacientes con diabetes, estudios realizados comprobaron que personas con edades avanzadas y niños con edades cortas tenían dificultades para el uso de las mismas. Además de la problemática de la gran cantidad de aplicaciones móviles que existen en las tiendas que no han sido verificadas.

El avance tecnológico de las últimas generaciones se ha incorporado en el ámbito de la salud de muchas maneras, como lo es la integración de herramientas para personas con discapacidades mentales y físicas. Una de estas herramientas son los asistentes virtuales de voz con inteligencia artificial tales como Cortana, Siri, Google Now y Alexa. Esta última, desarrollada por Amazon, es de las más enfocadas en el ámbito de la salud, llegando los pacientes a usar muchas de las *skills* que se encuentran en la aplicación. Alexa Amazon ya cuenta con más de 80 mil *skills*, distribuidas por categorías, entre ellas la salud, apoyando variedades de cuidados como el cuidado físico, espiritual, mental, entre otros. A pesar de tener muchas habilidades de Alexa para la salud, ninguna se enfoca en el autocuidado de la diabetes como debería ser, a pesar que de estas herramientas pueden servir para personas con discapacidades visuales o con problemáticas con el uso de la tecnología, la mayoría o ninguna realiza un buen enfoque en el cálculo de bolo de insulina basado en el consumo de carbohidratos, grasas y proteínas.

De la revisión bibliográfica, se evidencia la necesidad de desarrollar una aplicación para un asistente virtual de voz la cual pueda apoyar el autocuidado de la diabetes mellitus mediante una calculadora inteligente de bolo para paciente que tengan o no discapacidades visuales, esta skill permitirá que los usuarios puedan registrar los alimentos consumidos y basándose en un modelo de consumo de carbohidratos, grasas y proteínas junto con la información nutricional de alimentos registrados en las bases de datos, se pueda estimar la cantidad de macronutrientes totales consumidos e informar la cantidad correspondiente en raciones consumidas junto con el porcentaje de dichas raciones a administración de un bolo normal y un bolo cuadrado con su tiempo equivalente. La calculadora de bolo será desarrollada en Alexa Amazon, la cual implementa una inteligencia artificial enfocada en que, las respuestas dadas por Alexa no se basen en la toma de decisiones del usuario, sino que dependan estrictamente del contexto de la conversación. Respecto a esto, la parte inteligente de la calculadora de bolo a desarrollar estará enfocada en que los usuarios tengan una interacción natural y con sentido durante la comunicación con la máquina, además, cada usuario podrá retroalimentar la información de la base de datos como él lo desee, esto con el fin de que las respuestas dadas por la skill se basen en su criterio respecto a la cantidad de macronutrientes que puede tener un alimento en específico.

## 4. Desarrollo de la investigación

La investigación se llevó a cabo entre los meses de junio y septiembre de 2021 en la Universidad del Cauca, Colombia, y entre los meses de octubre y diciembre de 2021, en el campus de la Universidad Miguel Hernández de Elche, España, en el marco del convenio de cooperación internacional existente entre esta y la Universidad del Cauca. La investigación fue realizada en el grupo de investigación en neuroingeniería biomédica (nBio), asesorado por el PhD. José María Sabater Navarro.

El presente capítulo ilustra lo correspondiente al análisis tecnológico y al desarrollo de la investigación del proyecto, de acuerdo a los objetivos, general y específicos establecidos.

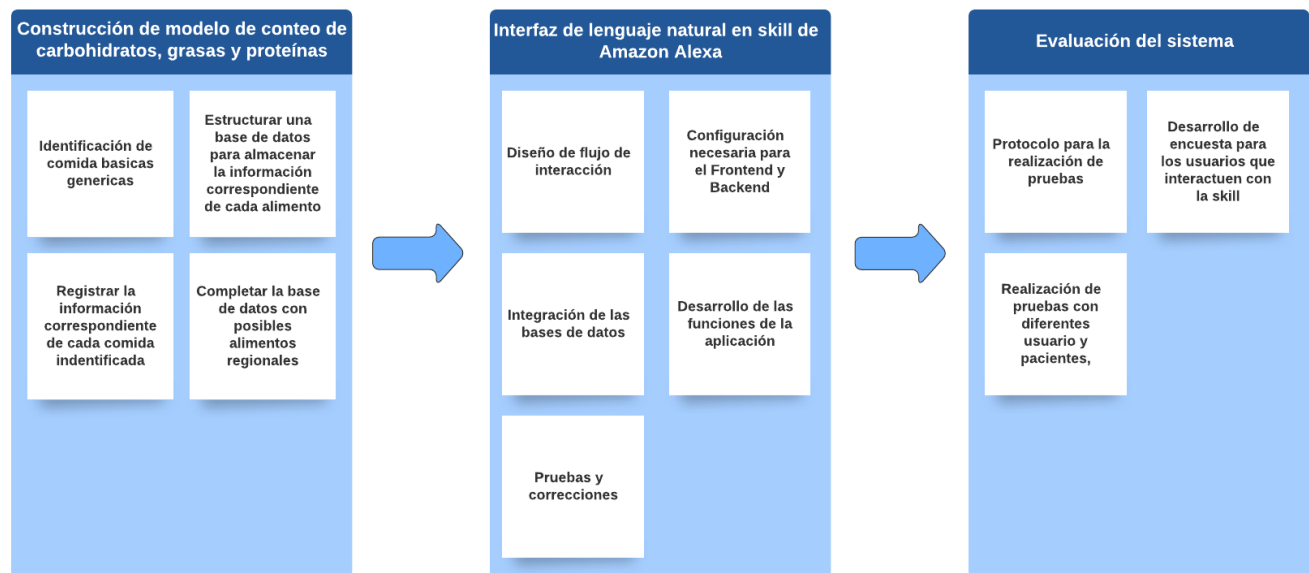


Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de desarrollo de la *skill*.

En la figura 3 se puede encontrar el correspondiente proceso de desarrollo de cada actividad para la construcción de una interfaz de lenguaje natural para una *skill* de Alexa Amazon, integrando dos bases de datos.

### 4.1. Análisis tecnológico

Los siguientes puntos describirán las razones y características que se tomaron en cuenta respecto a las tecnologías elegidas para la implementación de la *skill*.

#### 4.1.1. Necesidades y preferencias

Para el desarrollo del proyecto se plantearon varias necesidades y preferencias a cumplir a la hora de decidir con qué tecnologías serían desarrolladas las distintas partes del sistema. Las más importantes fueron:

- **Conocimiento previo**  
Con tal de agilizar la implementación del proyecto, se consideraron las tecnologías en las cuales más experiencia se tenga.
- **Fuentes de información**  
Se decidió trabajar con las tecnologías que tengan una buena cantidad de fuentes de información y una gran comunidad activa, con tal de encontrar respuestas a dudas y soluciones a posibles problemas que surgieran durante el desarrollo.
- **Compatibilidad con diferentes dispositivos (añadir la facilidad de crear nuevas funcionalidades)**  
Con tal de llegar a la mayor cantidad de usuarios que utilicen la aplicación se optó por utilizar un asistente virtual de voz inteligente el cual sea compatible para distintos dispositivos y diferentes software.
- **Open-Source**  
Con el fin de evitar gastos económicos innecesarios durante el desarrollo del proyecto, se eligieron tecnologías gratuitas y *open-source*.

#### 4.1.2. Entorno de ejecución y lenguaje de programación

Los entornos en tiempo de ejecución o RTE (del inglés *runtime environment*) actúan como un pequeño sistema operativo y proporcionan toda la funcionalidad que los programas necesitan para ejecutarse. Esto incluye desde interfaces hasta elementos físicos de hardware, pasando por interacciones del usuario y componentes de software. Un *runtime environment* carga todas las aplicaciones de un programa y las ejecuta en una plataforma, poniendo a disposición todos los recursos necesarios para ejecutar el programa independientemente del sistema operativo [73].

Su funcionamiento se basa en mediar entre el programa de aplicación y el sistema operativo. Cuando el programa se ejecuta, envía instrucciones al procesador y la memoria del dispositivo, y accede a los recursos del sistema. Un sistema en tiempo de ejecución proporciona varias funciones básicas para la memoria, las redes y el hardware. El entorno de ejecución ejecuta estas funciones en lugar del programa, independientemente del sistema operativo. Entre ellas, se incluye transferir datos a través de las redes y controlar los dispositivos de entrada y salida, así como leer, editar, buscar, organizar o administrar archivos [73].

Para la realización de esta investigación, se utilizó el entorno en tiempo de ejecución de JavaScript, Node.js, que es de un sólo hilo, de código abierto y multiplataforma para crear aplicaciones de red y del lado del servidor que sean rápidas y escalables. Se ejecuta en el motor de ejecución de JavaScript V8, y utiliza la arquitectura de entrada y salida basada en eventos y sin bloqueos, que lo hace eficiente y adecuado para aplicaciones en tiempo real [74].

### 4.1.3. Alexa Amazon

El asistente virtual de voz inteligente utilizado para esta investigación fue el de Alexa Amazon, ya que, en cuanto a la naturalidad en las respuestas, Alexa posee una dicción mucho más natural, menos robótica y forzada que los de otros asistentes virtuales, como por ejemplo Google Assistant.

Además, si se limita al número de funciones extra que se pueden realizar para un asistente virtual de voz, la más acertada es la desarrollada por Amazon, gracias a las *skill* de Alexa. Estas son funcionalidades extra desarrolladas por terceros, las cuales pueden ser instaladas en los dispositivos en los cuales se interactúa con Alexa. Las *skills* pueden ser desarrolladas por cualquier persona utilizando el Alexa Skills Kit (ASK) y se ponen a disposición de los usuarios a través de la Alexa Skills Store. El acceso a ASK está disponible por medio de una cuenta gratuita para desarrolladores de Amazon.

La *skill* desarrollada en Alexa Amazon para esta investigación fue programada en 2 partes:

#### 4.1.3.1. Interfaz de usuario de voz (VUI)

La interfaz de usuario de voz es quien interactúa con el paciente, capturando las solicitudes o como se llamaría en los términos de Alexa “*Utterances*”. Estos enunciados son codificados por parte de los servicios de Alexa para ser convertidos en texto y ser enviados como comandos al *backend* para solicitar una respuesta. Una vez el *backend* envíe la respuesta en formato texto, la interfaz de usuario de voz se encargará de transformarla en comando de voz para ser entregada al usuario.

#### 4.1.3.2. Backend

Es la parte de la *skill* donde se encuentra la lógica del programa. Sus procesos inician en el momento en que la interfaz de usuario de voz envía una solicitud por parte del usuario. En el momento en que el *backend* recibe la petición, este detectará qué controlador puede responder dicha solicitud para ser redirigida y poder construir la respuesta en formato texto y ser enviada nuevamente a la interfaz de usuario de voz.

### 4.1.4. Base de datos

Una base de datos es un conjunto de información relacionada, estructurada y almacenada de manera sistemática. El objetivo de este sistema es poder acceder a la información de manera fácil, tanto para consultarla como para añadir nuevos datos.

Para el desarrollo de esta *skill* de Alexa se utilizaron las siguientes bases de datos:

#### 4.1.4.1. Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)

Amazon S3 es un servicio de almacenamiento de objetos creado para almacenar y recuperar cualquier volumen de datos desde cualquier ubicación. Es un servicio de almacenamiento sencillo que ofrece excelente durabilidad, disponibilidad, rendimiento, seguridad y escalabilidad prácticamente ilimitada a costos muy reducidos. Este servicio de



almacenamiento de objetivos en la nube permite almacenar y proteger cualquier cantidad de datos para prácticamente cualquier caso de uso, como lagos de datos, aplicaciones nativas en la nube y aplicaciones móviles. Contiene clases de almacenamientos rentables y características de administración fáciles de utilizar, puede optimizar los costos, organizar los datos y configurar los controles de acceso con el objetivo de satisfacer requisitos empresariales, organizaciones y de conformidad específica [75].

#### 4.1.4.2. Cloud Firestore

Es una base de datos NoSQL flexible, escalable y en la nube, a fin de almacenar y sincronizar datos para el desarrollo tanto del lado del cliente como del servidor desde Firebase y Google Cloud. Es una base de datos que mantiene la información sincronizada entre aplicaciones a través de objetos de escucha en tiempo real y ofrece soporte sin conexión para dispositivos móviles y Web, por lo que se pueden compilar aplicaciones con capacidad de respuesta que funcionan sin importar la latencia de la red ni la conexión a internet. A diferencia de otros sistemas de base de datos de Google, Cloud Firestore puede realizar consultas más ricas y rápidas [76].

## 4.2. Modelo de conteo de carbohidratos, grasas y proteínas

En la siguiente sección se detalla de manera específica cada una de las partes que se incorporarán en el asistente virtual de voz respecto al cálculo de carbohidratos, grasas y proteínas.

### 4.2.1. Ecuaciones

Para mantener un óptimo control glucémico, es indispensable contabilizar la cantidad total de nutrientes de los alimentos que se ingieren. En el modelo de absorción de alimento propuesto por Dalla Man et al. [77], únicamente se tiene en cuenta los carbohidratos (HC) para la aparición de glucosa en sangre, sin embargo, se debe tener en cuenta que según la cantidad de grasas (G) y proteínas (P) consumidas, estas en el tiempo dentro del organismo influyen en los cambios de niveles de glucosa. Respecto al anterior concepto, en esta sección además de especificar cómo realizar el conteo de macronutrientes consumidos, se desarrollará un modelo enfocado a realizar una conversión de las unidades grasa y proteína (UGP) a raciones equivalentes de carbohidratos consumidas en el tiempo. La Sociedad Española de Diabetes, define a la UGP como la cantidad de alimento que equivale a 150 kilocalorías de grasas y/o alimentos ricos en proteínas [38].

A diferencia de los carbohidratos que son tomados en gramos o raciones, las UGP se miden en kilocalorías (kcal). Teniendo en cuenta lo anterior para realizar el cálculo de las UGP se debe considerar lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ gramo de grasa} &= 9 \text{ kcal} \\
 1 \text{ gramo de proteína} &= 4 \text{ kcal} \\
 \text{Kcal a raciones} &= 150 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

De esta manera multiplicando la cantidad de proteínas y grasas consumidas por el equivalente a kcal y dividiendo ese resultado entre 150, se podrán obtener las UGP tanto para las proteínas (UP) como para las grasas (UG).

$$UG = \frac{\text{Gramos de grasa consumidos} * 9 \text{ kcal}}{150 \text{ kcal}} \quad (1)$$

$$UP = \frac{\text{Gramos de proteína consumidos} * 4 \text{ kcal}}{150 \text{ kcal}} \quad (2)$$

Y realizando una sumatoria de las ecuaciones anteriores, se obtendrá como resultado el total de unidades de grasas y proteínas consumidas (UGP).

$$UGP = UG + UP \quad (3)$$

Existen varios sistemas para contabilizar hidratos de carbono, en esta investigación se utilizará el equivalente que para una ración de carbohidratos (RCH) son 10 gramos de carbohidratos, de acuerdo con la Federación Española de Diabetes [39].

$$RCH = \frac{HC}{10} \quad (4)$$

Una vez se hayan obtenido las UGP y RCH se podrá hallar la cantidad total de raciones consumidas (RC), teniendo en cuenta que una UGP equivale a una RCH que son 10 gramos de carbohidratos.

$$RC = UGP + RCH \quad (5)$$

Tras haber determinado la cantidad de raciones consumidas, se deberá conocer qué porcentaje de esas raciones se deberán ingresar como un bolo normal (PBN) y qué porcentaje como un bolo cuadrado (PBC).

$$PBN = (RCH/RC) * 100 \quad (6)$$

$$PBC = (UGP/RC) * 100 \quad (7)$$

Teniendo en cuenta que el aumento de glucemia por las UGP es más lento que el de los carbohidratos, se deberá tener en cuenta la información dada en la tabla 1 para metabolizar unidades grasas/proteínas.

Tiempo de digestión	Cantidad de unidades grasa/proteína
3 horas	1 UGP
4 horas	2 UGP
5 horas	3 UGP
≤ 8 horas	≥ 4 UGP

Tabla 1. Metabolización UGP [78,79].

A partir de los datos obtenidos en la tabla 1, surge la ecuación con la que se modela la aparición de carbohidratos equivalentes en el tiempo a partir de la grasas y proteínas consumidas:

$$Adm(t) = \min((UGP + 2), 8) \quad (8)$$

Donde  $Adm(t)$  representa el tiempo de administración del bolo cuadrado en horas.

Para conocer la cantidad de unidades de insulina (UI) equivalentes a las raciones consumidas, se deberá conocer el factor de conversión de ratio insulina/carbohidratos (FC) que el usuario utiliza.

$$UI = \frac{RC}{FC} \quad (9)$$

## 4.2.2. Bases de datos

Dado que el desarrollo de esta investigación está enfocado en una calculadora de bolo, su funcionamiento se basa en utilizar la información de los macronutrientes de los alimentos consumidos, por lo tanto estas herramientas necesitan conocer estos datos para proporcionar una recomendación lo más acertada posible. En función de lo planteado anteriormente, para el desarrollo de esta investigación se optó por usar dos bases de datos.

### 4.2.2.1. Integración Cloud Firestore

La primera es la base de datos basada en documentos y colecciones de *firebase*, Cloud Firestore, que funciona como la base de datos principal de la *skill*, la cual contiene más de 500 comidas, entre ellas alimentos con marca de Colombia, España y México, alimentos genéricos y comidas compuestas. Además también contiene información sobre qué alimentos son clasificados como bebidas y un diccionario respecto a los distintos nombres que puede recibir un alimento. Cada una de las anteriores descripciones están representadas como una colección:

#### 1. Alimentos con marca

Esta colección está constituida por distintos documentos donde cada uno representa un alimento, cada alimento contiene 3 colecciones las cuales hacen referencia a los tres países y cada uno contiene la especificación de 3 marcas distintas de alimentos.

#### 2. Alimentos genéricos

En esta colección se almacenan como documentos algunos alimentos genéricos que pueden ser encontrados en Colombia, España y México, y cada documento contiene la información general de cada uno de ellos.

#### 3. Comidas compuestas

La colección de comidas compuestas contiene más de 100 documentos que representan las comidas típicas de los tres países y cada documento contiene la información promedio de cada comida respecto a su peso en gramos.

#### 4. Bebidas

En esta colección se encuentran distintas bebidas que funcionan para dar a conocer a la *skill* que el alimento consumido se debe analizar con información en mililitros.

#### 5. Nombres generales

Esta colección surgió de la problemática de los distintos nombres que puede recibir un alimento en diferentes países o de la forma en que un usuario menciona en plural un alimento que se encuentra registrado como singular. En relación a la problemática expuesta, esta colección está constituida por una gran cantidad de documentos que representan la forma incorrecta en que un usuario puede nombrar un alimento que se encuentra registrado, permitiendo cambiar el nombre por el correcto.

La información respecto a los alimentos genéricos, con marca y compuestos fue adquirida de páginas con contenido fiable. Para Colombia se utilizó MyFitnessPal [84], para España FatSecret España [82] y para México FatSecret México [83].

Las comidas compuestas como por ejemplo una bandeja paisa o una hamburguesa, y los alimentos genéricos como una manzana o unos espaguetis están almacenados con la siguiente estructura.

```

"Nombre del alimento":{
  "nombre": "nombre del alimento",
  "unidades": "gramos o mililitros",
  "cantidad": "cantidad de gramos o mililitros",
  "carbohidratos": "cantidad de carbohidratos",
  "grasas": "cantidad de grasas",
  "proteínas": "cantidad de proteínas"
}

```

La estructura de los alimentos con marca está constituida de la siguiente manera

```

Nombre del alimento":{
  "Colombia": {
    "identificador alimento marca #1":{
      "nombre": "nombre del alimento",
      "marca": "nombre de la marca del alimento"
      "unidades": "gramos o mililitros",
      "cantidad": "cantidad de gramos o mililitros",
      "carbohidratos": "cantidad de carbohidratos",
      "grasas": "cantidad de grasas",
      "proteínas": "cantidad de proteínas",
      "país": "nombre del país de la marca"
    },
    "identificador alimento marca #2": {},
    "identificador alimento marca #3": {}
  },
}

```

```

    "España": {},
    "México": {}
}

```

#### 4.2.2.2. Integración Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)

La segunda base de datos es Amazon Simple Storage Service (Amazon S3), que a diferencia de Cloud Firestore que es gestionada por el administrador de la *skill*, esta funcionará como banco de datos personal, donde se podrán guardar la información de alimentos que no se encuentren entre los más de 500 alimentos ya registrados en Firebase, además de cambiar su información en el caso que el usuario lo desee. También se usará esta base de datos para guardar la información de los últimos carbohidratos, grasas y proteínas consumidas, la cantidad de raciones que equivalen y su configuración de bolo dual con el tiempo de administración, junto con la fecha y hora en las cuales fueron analizados estos datos. Toda esta información se guardará en un archivo JSON, constituido de la siguiente manera:

```

"Nombre del alimento":{
  "carbohidratos": "cantidad de carbohidratos",
  "grasas": "cantidad de grasas",
  "proteínas": "cantidad de proteínas",
  "raciones": "últimas raciones consumidas",
  "bolo normal": "porcentaje del bolo normal estimado"
  "bolo cuadrado": "porcentaje del bolo cuadrado estimado",
  "tiempo de administración": "tiempo de administración del bolo"
  "minuto": "minuto del último análisis",
  "hora": "hora del último análisis",
  "día": "día del último análisis",
  "mes": "mes del último análisis",
  "año": "año del último análisis",
  "alimentos": [
    {
      "nombre": "nombre del alimento",
      "unidades": "gramos o mililitros",
      "cantidad": "cantidad de gramos o mililitros",
      "carbohidratos": "cantidad de carbohidratos",
      "grasas": "cantidad de grasas",
      "proteínas": "cantidad de proteínas"
      "marca": "nombre de la marca del país"
    }
  ]
}

```

### 4.3. Interfaz de lenguaje natural en la *skill* de Amazon Alexa que integra la traducción de macronutrientes.

En la presente sección se explican detalladamente cada una de las partes importantes de la creación de la *skill*, la cual fue realizada en el sitio web de desarrollo de *skills* para Alexa Amazon, **Alexa Developer Console**. La metodología de desarrollo de software utilizada durante la implementación de la *skill* en Alexa fue una tradicional conocida como incremental, la cual permite construir la *skill* de manera progresiva, donde en cada etapa de incremento se agrega una nueva funcionalidad, lo que permite ver los resultados de una forma más rápida en comparación con el modelo en cascada. Esta metodología permitió utilizar la *skill* para Alexa Amazon incluso antes de terminar por completo la aplicación. A continuación en la figura 4 se podrá observar el flujo de trabajo desarrollado para la implementación de la *skill*.

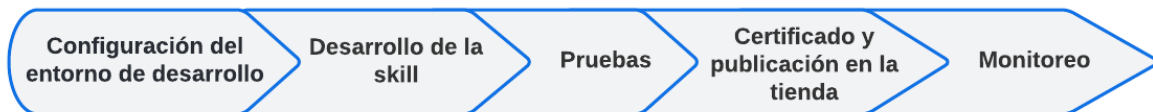


Figura 4. Flujo de trabajo del desarrollo de la *skill*.

#### 4.3.1. Configuración del entorno de desarrollo

Para comenzar con la implementación lo primero que se hizo fue realizar la configuración necesaria del entorno de desarrollo para una nueva *skill* en Alexa Developer Console. Se asignó el nombre que va a recibir la *skill* y la configuración regional principal, donde se concede el idioma que se va a utilizar y la ubicación de alojamiento. Inicialmente la configuración se hará para que se use con el idioma español latinoamericano, más adelante se permitirá adicionar otros idiomas.

Respecto al modelo de implementación de la *skill* se utilizó el personalizado, que permite crear múltiples interacciones desde cero. También se optó por alojar los recursos del *backend* en Alexa, permitiendo no solamente implementar el código directamente en AWS Lambda en el entorno de ejecución Node.js, sino que también se puede obtener un almacenamiento de objetos o medios en Amazon S3.

#### 4.3.2. Desarrollo de la *skill*

El primer paso a fin de realizar un buen diseño es entender los componentes a desarrollar y las funciones que realizará cada uno, así como también la forma en que se comunicarán. Dado que la implementación se realizó desde cero se desarrollarán los siguientes componentes básicos:

- Interfaz de usuario de voz o VUI
- *Backend*

A continuación se explicarán de forma detallada los componentes mencionados anteriormente.

#### 4.3.2.1. Interfaz de usuario de voz (VUI)

Teniendo en cuenta que el objetivo principal es incorporar un asistente virtual de voz para una calculadora de bolo que sea eficiente y fácil de usar, el realizar un buen diseño es fundamental. Dado lo anterior, Amazon a fin de asegurar que el desarrollo de las *skills* sea de calidad tanto en las respuestas como en las interacciones, ha desarrollado una metodología de desarrollo llamada “Diseño situacional” [52]. Según el blog de desarrolladores de Amazon esta metodología se define como: “Un nuevo sistema de diseño que ofrece una forma más flexible de diseñar experiencias de voz centradas en el cliente. Este sistema implica escribir un diálogo con guión entre Alexa y el cliente para que pueda tomar esos diálogos y convertirlos en guiones gráficos” [51]. El objetivo de esta metodología es que las respuestas dadas al usuario no se deban lanzar de manera automática en base a las decisiones que se van tomando, sino que sean dependientes del contexto que afecta a esa conversación y a los diferentes usuarios.

Respecto al diseño situacional, y utilizando las herramientas que provee Amazon en Alexa Developer Console, la implementación por parte de la interfaz de usuario de voz se vuelve un poco más mecánica. Dado lo anterior la configuración que se realizó para conseguir una interacción natural y satisfactoria se basó en los siguientes elementos:

- **Idioma e invocación**

Para el desarrollo de esta investigación se optó que para interactuar con la *skill* sólo se podrá usar el idioma español, en este caso Alexa Amazon posee tres distintos tipos de español, latinoamericano, estadounidense y castellano (España). Para la configuración inicial de la *skill* se incluyeron estos idiomas permitiendo que la *skill* pueda ser ubicada en las tiendas Alexa Amazon de cada una de las regiones donde se habla el español.

Ahora que ya se especificó el idioma (o idiomas ) con el cual se va interactuar, se debe configurar la forma con la que se va activar la *skill*. Aquí es donde entra el “nombre de invocación”, que es la palabra o frase utilizada para abrir la *skill* en Alexa. Dados los requisitos de los testers oficiales de Alexa Amazon, las palabras que deben componer el nombre de invocación deben ser en el idioma original de desarrollo. Respecto a lo anterior el nombre de invocación para la *skill* será **BOLO DUAL**.

- **Utterances**

Los *Utterances* son las frases específicas que los usuarios utilizan al realizar una solicitud a Alexa. Estas oraciones o frases pueden ser muy variadas, ya que cada usuario tiene diferentes formas de expresarse para realizar una pregunta o solicitar una información, es aquí, donde se enfoca el realizar una comunicación con sentido. Para el desarrollo de esta *skill*, se codificaron múltiples expresiones para darle a entender a Alexa qué pregunta o solicitud esperar. Para cada función desarrollada en la *skill* se escribieron gran cantidad de variaciones muy leves de preguntas y solicitudes, básicamente cualquier cosa que se crea que un usuario podría decir para obtener el resultado que desea.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron dos tipos de *Utterances*. El primero es el **Sample Utterance** el cual son las peticiones que el usuario puede realizar respecto a una pregunta o información. El otro tipo de declaración utilizado es el **User Utterance**, el cual es una de las palancas claves mediante las cuales se puede mejorar la calidad general de la experiencia del diálogo, su funcionamiento comienza cuando la petición solicitada por el usuario necesita ser complementada, dado esto la *skill* solicita dicha información al usuario y este le responderá con el *User Utterance*.

- **Slots**

Los *Slots* son las variables utilizadas por Alexa para comprender la información sobre la solicitud del usuario. Por ejemplo, una *skill* que entregue a las personas la información del clima, la solicitud del usuario puede tomar la expresión “Dame el estado del clima en Bogotá”. En este ejemplo, Bogotá vendría siendo el *slot*.

Alexa Amazon proporciona una serie de *slots* por defecto conocidos como **Intent Slots**, los cuales pueden ser tipo de variables como fechas, números, duraciones, tiempos, nombres personales, entre otros. Los utilizados en el desarrollo de esta *skill* son los de comida, corporación (marca de los alimentos) y números. Sin embargo Alexa también permite que los desarrolladores de *skills* puedan crear *slots* personalizados para variables que son específicamente necesarias para la *skill*, este tipo de slot son los **Slot Types**.

En la tabla 2 se puede ver los slots personalizados creados para el desarrollo de esta investigación, además la información respecto a cada uno de ellos junto con los valores que pueden llegar a tomar.

Nombre	Información	Valores
Cantidad	Permite conocer el tamaño de porción de la comida	Muy pequeño - Pequeño - Normal - Grande - Muy grande
Tipo de porción	Es la variable donde se almacenará el tipo de porción de la comida	Cazuela - Copa - Cuchara - Plato - Bowl - Trozo - Vaso - Porción - Recipiente
Unidades del alimento	Identifica al alimento con las unidades correctas	Gramos - Mililitros
Número de unidades	Da a conocer al sistema cuantas unidades del alimento fueron consumidas	Uno - Dos - Tres - Cuatro - Cinco - Seis - Siete - Ocho - Nueve - Diez

Tabla 2. Slots personalizados.

- **Intents**

En pocas palabras, los *intents* son las respuestas implementadas en la *skill* que pueden contestar las posibles peticiones del usuario. Dentro del código de Alexa, así es como se



define su función. Los *intents* no se relacionan con las palabras específicas que dice un usuario, sino con el objetivo de alto nivel al que apunta. Cada uno de los *intents* está compuesto por *Utterances* (sentencias) y *slots* (argumentos), aunque no deben ser obligatorios.

Los *intents* desarrollados para esta investigación fueron 18, los cuales permitirán captar las peticiones del usuario respecto a la creación, lectura, actualización y eliminación (CRUD) de ingestas, las respuestas respecto a la cantidad de macronutrientes correspondientes y su configuración de bolo dual con el tiempo correspondiente, entre otras más opciones. Además para cada *skill* a desarrollar, Alexa Amazon proporciona 4 *intents* obligatorios y predefinidos, los cuales hay que considerar ya que son de suma importancia. Toda la información respecto a los *intents* que contiene la *skill* desarrollada se encontrarán en la siguiente tabla:

Nombre	Información	Utterances	Slots
AMAZON.CancelIntent	Se usa para cancelar una intención en proceso.	0	0
AMAZON.HelpIntent	Es utilizada para solicitar ayuda a la <i>skill</i> activada.	4	0
AMAZON.StopIntent	Se centra en detener la <i>skill</i> .	1	0
AMAZON.NavigateHomeIntent	Se podría usar como un regreso al inicio.	0	0
RegisterFoodIntent	Permite registrar la comida ingerida teniendo en cuenta las unidades consumidas, el nombre del alimento, el tipo de porción, la marca o tamaño.	76	5
FoodValidateIntent	Valida la información dando a conocer al usuario las comidas registradas.	24	0
CorrectFoodIntent	Se utiliza para poder corregir los alimentos registrados.	7	0
RemoveFoodIntent	Se usa para eliminar alimentos registrados.	82	4
CalcRationIntent	Valida la información registrada para calcular la cantidad total de macronutrientes consumidos	5	0
CalcInsIntent	Da a conocer la cantidad de raciones consumidas y su configuración de bolo dual junto con el tiempo de administración	4	0
RegisterFoodInfoIntent	Guarda la información de un alimento en el banco de datos personal, en el caso que se esté realizando el cálculo total de	5	5

	macronutrientes consumidos y la información de este no exista.		
RegisterFoodDataIntent	Permite registrar directamente los macronutrientes consumidos.	10	3
InfoLatestDataAnalyzedIntent	Informa al usuario los resultados del último análisis y la cantidad de minutos, horas o días en que fue realizado.	4	0
CompoundFoodsIntent	En el caso que el usuario registre una comida compuesta, este <i>intent</i> permitirá registrar cada uno de los alimentos que lo componen.	24	4
ClearSessionAttributesIntent	Elimina la información registrada en la base de datos personal.	1	0
RegisterAsNormalFoodIntent	Dado el caso que el usuario registre una comida compuesta y conozca su información, este <i>intent</i> le permitirá guardar la información en la base de datos personal.	9	5
RecordInformationForAnalysis Intent	En el caso que el sistema encuentre información de una comida en la base de datos personal, este <i>intent</i> le dará la opción de usar estos datos en el análisis.	2	0
WorkSystemDefaultDataIntent	En el caso que el usuario registre una comida compuesta, este <i>intent</i> le permitirá trabajar con los datos por defecto que tiene el sistema respecto a esa comida.	4	0
RegisterFoodNewIntent	Permite guardar un nuevo alimento en la base de datos personal.	6	7
UpdateFoodNewIntent	Este <i>intent</i> se usa para cambiar la información de algún alimento registrado.	3	0
KeepInformationMessageInfo Intent	Dado el caso que el usuario guarde una comida que ya se encuentra registrada, este <i>intent</i> permitirá mantener la información.	1	0
IndividualInfoFoodIntent	Si el usuario desea conocer la información de macronutrientes de cada uno de los alimentos registrados, este <i>intent</i> le dará esa información.	4	0

Tabla 3. Intents.

Toda la configuración realizada para la interfaz de usuario de voz generó un archivo json. La estructura del archivo puede ser encontrada en el anexo 8.4.1

#### 4.3.2.2. Implementación de Backend

Todo el *backend* de Alexa se construyó utilizando Alexa Skills SDK, que son herramientas y bibliotecas de desarrollo de software que brindan acceso programático a las funciones de Alexa. También se utilizó el entorno de ejecución Node.js junto con su lenguaje de programación JavaScript para implementar cada una de las posibles solicitudes enviadas desde la interfaz de usuario de voz.

Esta sección proporciona detalladamente las partes más importantes implementadas en el *backend* para poder responder a cada una de las peticiones solicitadas por el usuario.

- **Configuración de las bases de datos**
  - **Cloud Firestore**

La configuración utilizada para el uso de Cloud Firestore se basó en importar la dependencia respecto al acceso administrativo en el archivo **package.json**, para después en el archivo **index.js** utilizar este módulo para poder gestionar la base de datos. Por consiguiente se creó un archivo llamado **firebase.json** el cual contiene las credenciales de acceso a la base de datos. Cabe destacar que dentro de las credenciales de acceso se encuentra el tipo de credencial **service\_account** que permite a cada usuario que vaya a utilizar la *skill* operar y administrar la información sin necesidad de digitar las credenciales.

Una vez se realizó la configuración anterior se vincularon las credenciales de la cuenta de servicio con el acceso administrativo y se codificó la configuración para que cada vez que se utilice la *skill* se tenga acceso a la base de datos:

```
const admin = require('firebase-admin');
const serviceAccount = require('firebase.json');
admin.initializeApp({
  credential: admin.credential.cert(serviceAccount)
});
const DB = admin.firestore();
```

Para la implementación de las consultas dentro de la *skill* se utilizó la declaración **Try Catch**, que permite capturar los errores que puedan causar las consultas, ya sea por una falla en Firebase o por actualizaciones que pueda estar recibiendo la propia base de datos. Cada uno de los nombres de las funciones o controladores que realicen un consulta a Cloud Firestore tendrán precedida la palabra **async**, indicando que la función o controlador es asíncrono, es decir que contiene un valor que puede estar disponible ahora, en el futuro o nunca.

En cada una de las consultas a la base de datos se tendrá antecedida la expresión **await**, que hace que Node.js suspenda la ejecución hasta que la expresión realizada en la consulta regrese un valor. A continuación se podrá ver un ejemplo de cómo se realiza una consulta a Cloud firestore:

```

async function functionName(foodName){
  try{
    await DB.collection("Food").doc(foodName).get().then(
      (doc) => {
        ...
      });
  }catch(e){
    ...
  }
}

```

- **Amazon Simple Storage Service (Amazon S3)**

Las *skills* de Alexa no tienen estado y no recuerdan automáticamente la información entre solicitudes. Utilizar atributos de sesión que se transmiten entre la *skill* y los servicios de Alexa a través de solicitud y respuesta podría ser una buena idea, pero lamentablemente esta solución no es perfecta, ya que estos atributos se pierden en el momento que se finaliza la sesión, es decir cuando se cierra la *skill*. En función de lo planteado anteriormente se necesita un almacenamiento que funcione de manera permanente para el usuario, aquí es donde surge Amazon S3.

Para poder interactuar con este banco de datos, se desarrolló un adaptador de persistencia que permite acceder a los servicios de Amazon S3. Este adaptador fue creado gracias a un nuevo módulo agregado en el archivo **package.json**, ya que al utilizar el alojamiento del *backend* en Alexa este módulo no viene integrado directamente por los servicios de Amazon.

Al igual que en la configuración de Cloud Firestore, el módulo del adaptador de persistencia también se tuvo que cargar en el archivo **index.js** de la siguiente manera

```
const {S3PersistenceAdapter} = require('ask-sdk-s3-persistence-adapter');
```

Teniendo en cuenta que el *backend* está siendo alojado en Alexa, se creó el adaptador de persistencia directamente para el usuario por medio de un constructor, donde se declara la variable **bucketName** recibiendo la referencia a Amazon S3 por medio de la variable de entorno **S3\_PERSISTENCE\_BUCKET** desde **process.env**

A continuación se mostrará cómo se desarrolló todo lo explicado anteriormente, donde se implementó una función para crear el adaptador de persistencia y ser asignado en **persistenceAdapter**. Además, dentro de la función se validó que la *skill* se encuentre alojada en Alexa:

```

var persistenceAdapter = getPersistenceAdapter();
function getPersistenceAdapter(){
  function isAlexaHosted(){
    return process.env.S3_PERSISTENCE_BUCKET ? true : false;
  }
  if(isAlexaHosted()){
    const {S3PersistenceAdapter} = require('ask-sdk-s3-persistence-adapter');

```

```

        return new S3PersistenceAdapter({
            bucketName: process.env.S3_PERSISTENCE_BUCKET
        });
    }
}

```

Por último se registró el adaptador de persistencia en **withPersistenceAdapter** para que pueda ser usado por la *skill*:

```

.withPersistenceAdapter(
    s3PersistenceAdapter
)

```

Todos los datos que se deban almacenar en Amazon S3 serán registrados en los atributos de sesión. En el momento en que se detecte la desactivación de la *skill* se implementó una función llamada **SaveAttributesResponseInterceptor**, que capturará todos los atributos de sesión y los almacenará en los atributos de persistencia de S3. La implementación de esta función se encuentra a continuación:

```

const SaveAttributesResponseInterceptor = {
  async process(handlerInput, response) {
    const {attributesManager} = handlerInput;
    const sessionAttributes = attributesManager.getSessionAttributes();
    const shouldEndSession = (typeof response.shouldEndSession === "undefined" ? true : response.shouldEndSession);
    if(shouldEndSession || handlerInput.requestEnvelope.request.type === 'SessionEndedRequest') {
      attributesManager.setPersistentAttributes(sessionAttributes);
      await attributesManager.savePersistentAttributes();
    }
  }
};

```

Respecto a la forma de obtener la información de la base de datos se desarrolló una función llamada **loadAttributesRequestInterceptor** que detecta cuando se activa la *skill*, esto para solicitar la información a Amazon S3 y almacenarla en los atributos de sesión.

```

const loadAttributesRequestInterceptor = {
  async process(handlerInput) {
    if(handlerInput.requestEnvelope.session['new']){
      const {attributesManager} = handlerInput;
      const persistentAttributes = await attributesManager.getPersistentAttributes() || {};
      handlerInput.attributesManager.setSessionAttributes(persistentAttributes);
    }
  }
};

```

- **Controladores**

Los controladores son quienes contienen el código específico para responder las acciones solicitadas por un usuario, es decir las peticiones de cada uno de los *intents* de la interfaz de usuario de voz. Respecto a lo anterior se debe tener en cuenta que para cada intent existe un único controlador. Dentro de cada controlador se definen las funciones

**canHandle()** que es donde se define a qué solicitud (*intent*) responder y la función **handle()** que devuelve la respuesta al usuario.

Los controladores de los *intents* de cancelación, ayuda, pausa y regreso al inicio, también vienen implementados por defecto en la *skill*. Para los *intents* personalizados, los controladores más importantes para el desarrollo de esta investigación fueron los siguientes:

#### **A. registerFoodIntentHandler**

Este controlador es quien registra cada uno de los alimentos mencionados por el usuario, su funcionamiento se basa en obtener obligatoriamente las variables respecto al nombre del alimento y la cantidad de porciones consumidas. Las variables del tipo de porción, tamaño y marca son opcionales. Una vez se hayan obtenido las variables mencionadas anteriormente, se preguntará a Cloud Firestore si el alimento es una comida compuesta. En el caso que lo sea, la *skill* le dirá al usuario qué tipo de alimento es y le dará la opción de agregar cada uno de los alimentos que lo componen, registrar directamente la información de los macronutrientes o trabajar con los datos por defecto que tiene el sistema respecto a ese alimento. Dada la opción que ingrese el usuario será respondida por otro controlador.

Si el alimento no es compuesto, la *skill* corroborará por medio de una función que el nombre esté escrito igual que en Firebase, en caso que no, hará el cambio utilizando la colección **NameFood** que se encuentra en Cloud Firestore. Una vez se realice todo el paso anterior se registrará la información en un archivo Json en el cual será almacenado en un vector global y se le dirá al usuario la información registrada y qué paso desea seguir, si registrar un nuevo alimento u obtener la lista total de alimentos registrados.

#### **B. FoodValidateIntentHandler**

El objetivo de este controlador es decirle al usuario cada uno de los alimentos que han sido registrados, recorriendo un vector global en el cual se encuentran cada uno de ellos. El recorrido está implementado de dos formas. La primera es el caso que un alimento compuesto haya sido registrado agregando uno a uno los alimentos consumidos, aquí se realizará el recorrido de un vector interno almacenado en el Json, el cual contiene la información de cada alimento. El otro recorrido será para los otros tipos de alimentos, donde el usuario sólo necesita conocer la cantidad y tipo de porción, el nombre del alimento, el tamaño o la marca en el caso que la tenga. Una vez se haya mencionado toda la lista de alimentos se le preguntará al usuario si la información es válida o si desea realizar una corrección. Si el usuario desea realizar una corrección, un controlador se encargará de realizar dicha petición. En el caso que la información sea válida, el usuario será redirigido a un controlador el cual le informará la cantidad total de macronutrientes consumidos.

Finalmente en el caso que aún no existan alimentos registrados, el controlador le dará la opción al usuario de registrar un alimento o conocer la información de la última ingesta analizada.

### C. CalcRationIntentHandler

Este controlador es el encargado de informar la cantidad total de carbohidratos, grasas y proteínas consumidas respecto a la lista registrada. Su funcionamiento se basa en recorrer cada elemento del vector global donde se encuentran los alimentos registrados, sumando en variables locales la cantidad total de carbohidratos, grasas y proteínas consumidas. El recorrido para cada alimento se basará en los siguientes puntos:

1. El inicio del recorrido del vector para cada análisis comenzará con tres evaluaciones. La primera evaluación que se realizará consiste en saber si el alimento fue registrado con los datos por defecto. Esto querrá decir que el Json ya contiene la cantidad total de los macronutrientes consumidos y deberá pasar al siguiente alimento del vector. La segunda evaluación es saber si el alimento es uno compuesto, en el caso que lo sea pasará a ser el vector que se analizará hasta que hayan pasado todos sus alimentos. Para la tercera evaluación se tendrá en cuenta que el alimento no es uno compuesto y se verificará si es un alimento líquido realizando una consulta en Cloud Firestore, en el caso que lo sea, su análisis será por medio de mililitros y no gramos.
2. Una vez se hayan realizado las 3 evaluaciones anteriores, se utilizará la información agregada en un archivo llamado **portion.js**, el cual contiene la información respecto a cuántos gramos o mililitros puede contener el alimento teniendo en cuenta el tipo de porción y el tamaño del mismo. Esto se realiza para poder calcular la cantidad total de macronutrientes consumidos respecto a ese alimento. La sentencia para realizar este cálculo es la siguiente:

```
portionJSON = require('./portion');
porción = portionJSON[tipo de porción][tipo de unidad][tamaño]
```

El archivo **portion.js** puede ser encontrado en el anexo 8.4.1

3. En el punto 3 del recorrido del vector será donde se realizará la consulta a las bases de datos respecto a la cantidad de macronutrientes que puede contener el alimento. La consulta se hará de la siguiente manera:

Se obtendrá por parte de la base de datos los siguientes variables:

- *monto*: Monto o cantidad del alimento en gramos o mililitros registrados en la base de datos.
- *carbohidratos*: Gramos de carbohidratos respecto al monto del alimento.
- *grasas*: Gramos de grasas respecto al monto del alimento.
- *proteínas*: Gramos de proteínas respecto al monto del alimento.

Y de esta manera se podrá calcular la cantidad de macronutrientes consumidos respecto al tipo y tamaño de la porción, además de la cantidad de porciones consumidas. La sentencia utilizada fue la siguiente :

```
porción = portionJSON[tipo de porción][tipo de unidad] [tamaño de la porción]
```

$$\begin{aligned} \text{tamañoDeIngesta} &= \text{porción} * \text{monto} \\ \text{carbohidratosConsumidos} &= (\text{carbohidratos} * \text{tamañoDeIngesta}) * \text{cantidadConsumida} \\ \text{proteínasConsumidas} &= (\text{proteínas} * \text{tamañoDeIngesta}) * \text{cantidadConsumida} \\ \text{grasasConsumidas} &= (\text{grasas} * \text{tamañoDeIngesta}) * \text{cantidadConsumida} \end{aligned}$$

Este proceso será el que se realizará para cada consulta a la base de datos, comenzando con Amazon S3, en el cual se encuentran los alimentos más comunes en caso que hayan sido registrados o actualizados por parte del usuario.

4. Este punto es opcional, ya que está destinado al caso en el cual el alimento a analizar no se encuentre en la base de datos. Dado esto la *skill* le dará la opción al usuario de poder registrar manualmente la información en Amazon S3 o realizar una corrección en la lista total de alimentos.
5. El punto 5 será donde se sumen los macronutrientes del alimento analizado a los macronutrientes totales. Además, si aún faltan alimentos por ser analizados, el sistema regresará al punto 1 pasando a la siguiente posición del vector para analizar otro alimento.
6. Si ya fueron analizados todos los alimentos registrados, el punto 6 será el encargado de informar al usuario la cantidad total de carbohidratos, grasas y proteínas consumidas. Además se le preguntará al usuario si desea conocer la cantidad total de raciones consumidas, en el caso que responda sí se dirigirá a otro controlador el cual responderá su pregunta. Si responde que no, el sistema le dirá el siguiente mensaje: *“Vale, veo que no quieres conocer la cantidad de raciones consumidas. Dime si quieres conocer la información individual de la lista, o salir de bolo dual”*.

Dado el caso que no se encuentren alimentos registrados en la lista, se le dará un mensaje de ayuda al usuario con el siguiente contenido: *“Vaya, te veo un poco perdido. Déjame ayudarte. Dime si quieres registrar tu comida o salir de bolo dual.”*

#### **D. CalcInsIntentHandler**

Este controlador será el encargado de recibir todos los macronutrientes analizados en el punto C y por medio de la ecuaciones planteadas en el punto 4.2.1, podrá hallar y decirle al usuario la cantidad total de raciones consumidas, el porcentaje que equivale a un bolo normal y a un bolo cuadrado, con el tiempo de administración. Además, toda esta información junto con la fecha en que fue analizado será almacenada en los atributos de sesión, esto con el objetivo de ser guardados en Amazon S3 y poder ser utilizados luego en el caso que el usuario lo desee.

En el caso que se desee obtener información respecto a los otros controladores, diríjase al punto 8.1 en la sección de anexos.



- **Funciones**

Las funciones son secciones de código con nombre, que pueden ser invocadas desde otras funciones o controladores la veces que se desee. Opcionalmente pueden recibir valores; se ejecuta y si se requiere, regresar un resultado. Para la implementación de esta *skill* se puede decir que las funciones que se desarrollaron permitieron un cierto orden a la gran suma de código dentro de cada controlador.

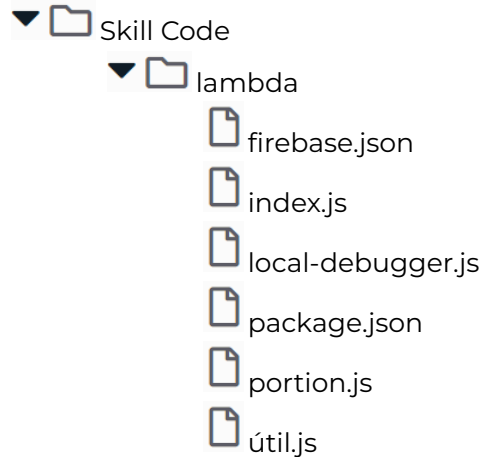
En la tabla 3 se podrán observar las funciones implementadas para esta investigación:

Nombre	Información	Parámetros que recibe	Resultado que devuelve
getPersistenceAdapter	Esta función como se detallo en el punto 4.4.2.2. crea por medio de módulos un adaptador de persistencia de S3	Ninguno	Adaptador de persistencia de S3
clearCompoundFood	En el momento que el usuario termine de agregar todos los alimentos a una comida compuesta esta función permite limpiar las variables que se utilizaron para registrar cada dato. Esto se hace en el caso que el usuario desee registrar un nuevo alimento compuesto.	Ninguno	Ninguno
distributePortions	Esta función fue desarrollada para distribuir el tamaño de la porción de los alimentos que componen una comida compuesta basándose en el tamaño original de la comida compuesta.	Ninguno	Ninguno
changeNamesFood	Esta función es la encargada de revisar si el alimento registrado por el usuario está escrito de la misma manera que en Cloud Firestore. En caso que no lo esté utilizará la colección NamesFood de la base de datos para cambiar el nombre.	Alimento	Alimento
existCompoundFood	Esta función se encarga de recorrer un vector de alimento de s3 para conocer si existe un alimento con o sin marca registrado en la base de datos personal.	Vector de alimentos de S3, alimento y marca	Retorna <i>true</i> si existe el alimento o <i>false</i> si no existe.

Tabla 4. Funciones

- **Estructura final del *backend***

Respecto a toda la información dada anteriormente, la estructura del *backend* sería la siguiente:



### 4.3.3. Arquitectura de la aplicación

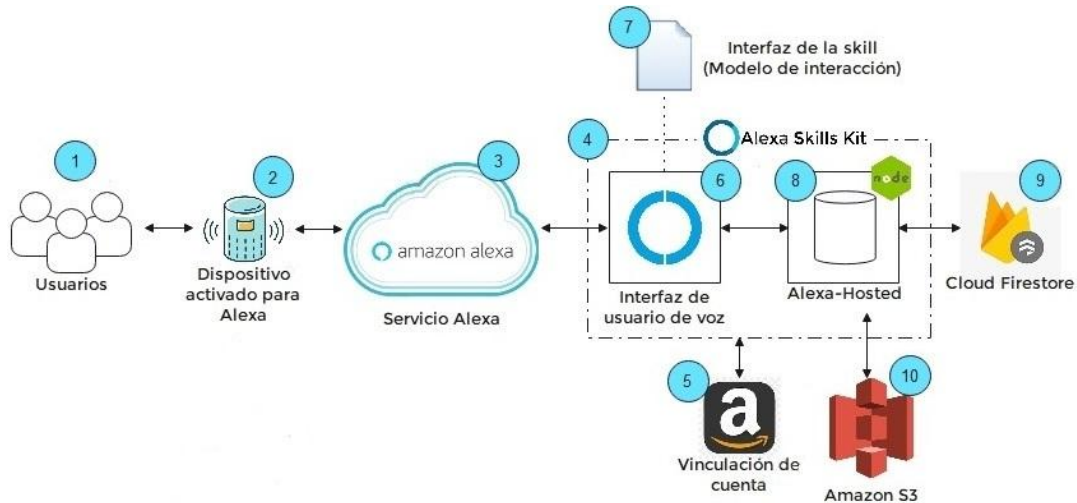


Figura 5. Arquitectura de la aplicación.

En la figura 5 se puede observar la arquitectura final de la skill desarrollada, la cual está compuesta de 10 componentes que se explicarán a continuación:

- 1. Los usuarios de Alexa** interactúan con la *skill* mediante dispositivos habilitados, utilizando la voz como método de comunicación.
- 2. Los dispositivos activados para Alexa** serán el intermediario entre las solicitudes enviadas por los usuarios y las respuestas dadas por la *skill*.
- 3. El servicio de Alexa** es un controlador de peticiones. Alexa realiza un procesamiento de comprensión de lenguaje de habla en nombre de la *skill*, incluido el reconocimiento de voz automatizada, la comprensión del lenguaje natural y la conversión de texto a voz para las respuestas dadas por la *skill*.

4. **Alexa Skills Kit (ASK)** es una colección de APIs de autoservicios, herramientas y documentación que permitió implementar la *skill* en Alexa de una manera rápida.
5. **La vinculación de cuenta** permite que la cuenta de usuario de Alexa se asocie directamente a Amazon para poder guardar información en Amazon S3.
6. **La interfaz de usuario de voz** es el componente que controla la experiencia de comunicación con el usuario, permitiendo crear un modelo de interacción personalizado. Este modelo está compuesto por *intents*, *slots types* y *example utterances*.
7. **La interfaz de la skill** es un archivo de configuración que describe la *skill* de Alexa, a que funciones (*intents*) da respuesta y como se integra en la plataforma de Alexa y su entorno.
8. **Alexa-Hosted (Node.js)** es el método elegido para alojar la *skill*, el código del *back-end* y los recursos de la aplicación en Amazon Web Services.
9. **Cloud Firestore** contiene la información nutricional necesaria de más de 500 alimentos, que será solicitada por la *skill* para realizar el análisis de la cantidad de macronutrientes que puede tener un alimento.
10. **Amazon Simple Storage Service (Amazon s3)** almacenará la información de nuevos alimentos registrados por el usuario, además de guardar los datos del último análisis realizado.

#### 4.3.4. Flujo de aplicación

En esta sección se explicará detalladamente tanto por escrito como en diagrama las secuencias de acciones necesarias para que un usuario navegue por la *skill*. Dado que el diagrama de flujo de toda la aplicación puede ser bastante amplio, se explicará el flujo de la *skill* en 3 partes:

##### 4.3.4.1. CRUD de alimentos

Con el fin de registrar, escuchar, actualizar y eliminar alimentos en la *skill* para ser analizados, el usuario deberá seguir el siguiente flujo.

Se deberá activar la *skill* diciendo “*Alexa, abre bolo dual*”. Alexa detectará la *skill* que el usuario desea abrir y la activará dando su mensaje de bienvenida. En este caso será el siguiente “*Bienvenido a tu calculadora de bolos duales de insulina, puedo registrar tu comida o decirte la información de la última ingesta analizada.*”. Una vez se haya activado la *skill*, el usuario podrá solicitar registrar la comida. En el caso que lo solicite, la aplicación le responderá pidiendo el alimento a registrar. Una vez termine el usuario de registrar las características del alimento, el sistema analizará si la respuesta contiene la cantidad de porciones consumidas. En el caso que no lo tenga, la aplicación solicitará dicha cantidad.

Una vez se hayan registrado las características del alimento y la cantidad de porciones consumidas, el sistema preguntará a la base de datos si el alimento es compuesto. En el caso que no lo sea, la aplicación registrará el alimento y le dará las opciones al usuario de escuchar la lista de alimentos registrados o registrar un nuevo alimento. Dado el caso en que el alimento sea compuesto, el sistema le dirá al usuario que podrá registrar directamente la información, usar los datos por defecto del sistema o agregar cada uno de los alimentos que lo componen.

Si el usuario decide agregar uno a uno los alimentos que lo componen, la aplicación le explicará cómo hacerlo. En este caso el usuario podrá ir agregando los alimentos y cada que agregue uno, el sistema le dirá que el alimento fue agregado y le preguntará si desea agregar otro, escuchar la lista total de alimentos o registrar uno nuevo. Si el usuario decide agregar otro alimento se repetirá este procedimiento, y si quiere registrar uno nuevo, la *skill* le solicitará el nombre del alimento y sus características.

En el caso que el usuario desee registrar directamente la información del alimento compuesto, la aplicación le solicitará las unidades de medida, el monto, los carbohidratos, las proteínas y las grasas. En el momento que el usuario le responda estos requisitos, el sistema guardará el alimento y preguntará si desea oír la lista total registrada o registra un alimento nuevo.

Y por último, si el usuario pide trabajar con los datos por defecto del alimento compuesto, el sistema registrará la información encontrada en la base de datos y preguntará si desea escuchar la lista total de alimentos o registrar un nuevo alimento.

Una vez se haya realizado el registro de un alimento y el usuario le solicite escuchar la lista total de alimentos, el sistema le mencionará uno a uno los alimentos registrados y le preguntará si la información es válida o si desea realizar alguna corrección.

En el caso que el usuario pida realizar una corrección, la aplicación le dará la opción de registrar un nuevo alimento o eliminar un alimento de la lista. Si desea registrar uno nuevo, la *skill* le solicitará el alimento, y en el caso que pida realizar una eliminación, el sistema le preguntará los datos con los cuales el alimento fue registrado. Una vez el usuario responda los datos requeridos para la eliminación, el sistema comprobará que el alimento exista, en caso que el alimento esté en el registro, este será eliminado. Si el alimento no se encuentra, el sistema le dirá que no existe. Junto con cualquiera de las dos respuestas anteriores, el sistema también preguntará al usuario si desea seguir editando la lista, oír la lista total de alimentos o dar por válida la lista.

Si el usuario desea seguir editando la lista, se realizará nuevamente lo explicado en el párrafo anterior y si desea oír la lista total de alimentos, el sistema se lo mencionará y le preguntará si la información es válida o si desea realizar alguna corrección.

#### 4.3.4.2. Conteo de macronutrientes totales consumidos

Dado el caso que el usuario confirme que la lista de alimentos registrada es válida, el sistema preguntará para cada alimento si la información requerida se encuentra en la base de datos personal, es decir Amazon S3. Si la información existe en la base de datos personal, se realizará el cálculo de los macronutrientes totales consumidos y se le informará al usuario. En el caso que la información de algún alimento no se encuentre en Amazon S3, el sistema preguntará por los datos en Cloud Firestore. Si llega a existir la información del alimento, se realizará el cálculo para los macronutrientes totales consumidos y le dará la respuesta al usuario.

En caso de que algún alimento no se encuentre registrado en las bases de datos, el sistema le permitirá al usuario registrar directamente la información o realizar alguna corrección a la lista de alimentos registrados.

Si el usuario desea registrar directamente la información, el sistema le pedirá las unidades de medida del alimento, el monto, los carbohidratos, las grasas y las proteínas. Toda esta información será almacenada por parte de la *skill* en Amazon S3 y se volverá a realizar el análisis para toda la lista registrada.

#### 4.3.4.3. Raciones totales consumidas y configuración del bolo dual

Cuando el sistema le informe la cantidad total de carbohidratos, grasas y proteínas consumidas, la aplicación también le preguntará si desea conocer la cantidad total de raciones que corresponden. En el caso de que el usuario responda sí, el sistema informará la cantidad total de raciones consumidas y su configuración de bolo dual, además guardará toda la información del análisis en Amazon S3 y terminará la sesión de la *skill*.

En el caso que el usuario no desee conocer la cantidad total de raciones consumidas, el sistema le permitirá elegir entre conocer la información individual de macronutrientes para cada alimento de la lista o cerrar la *skill*.

Si el usuario elige conocer la información individual de la lista, la aplicación le mencionará la cantidad de carbohidratos, grasas y proteínas que contiene cada alimento consumido. Además el sistema también le preguntará al usuario si desea realizar algún cambio de información respecto a un alimento o si desea conocer la cantidad total de raciones consumidas.

Dado el caso que el usuario quiera cambiar la información de un alimento, el sistema le solicitará de manera obligatoria el nombre del alimento, la marca (en caso que tenga), las unidades de medida, el monto, los carbohidratos, las grasas y las proteínas. En el momento que el usuario menciona cada uno de los datos requeridos, el sistema guardará la información en la base de datos personal, le confirmará la información registrada y le preguntará si desea conocer la cantidad de raciones consumidas.

El diagrama de flujo puede ser encontrado en el anexo 8.3.

#### 4.3.5. Diagrama de trabajo para petición de la *skill*

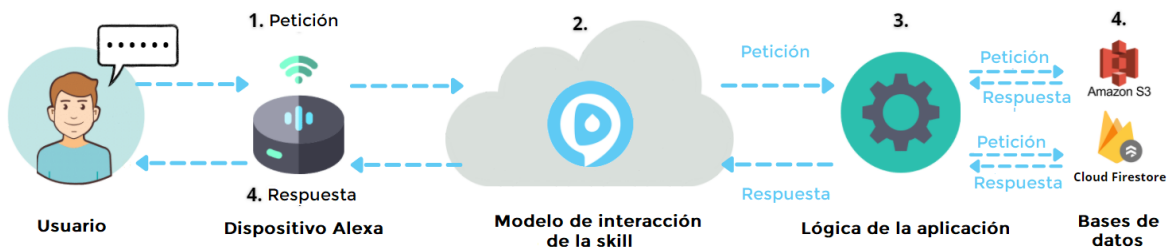


Figura 6. Diagrama de trabajo para petición de la *skill*.

En la figura 6 se puede apreciar un panorama gráfico del proceso de una petición a la *skill* desarrollada. Por medio de símbolos y formas estandarizadas, el diagrama muestra detalladamente cómo se completa una petición de principio a fin.

El diagrama inicia con una petición realizada por parte del usuario hacia un dispositivo en el cual se está ejecutando la *skill*, la petición llegará al modelo de interacción de la *skill* y detectará cuál es el tipo de solicitud que está realizando el usuario. Una vez lo haya detectado, la redirigirá hacia una función de la logia de la aplicación para construir la respuesta. Dado el caso que para responder la petición del usuario se deba obtener información de las bases de datos, la función la cual está construyendo la respuesta podrá realizar la petición ya sea para Cloud Firestore y/o Amazon S3. Una vez la lógica de la aplicación termine de fabricar la respuesta, la enviará al modelo de interacción de la *skill* y este por medio del dispositivo se le dirá al usuario.

#### 4.3.6. Pruebas

Con tal de realizar un buen proceso de evaluación y verificación de la *skill*, se llevaron a cabo una serie de pruebas antes de desplegar la aplicación, esto con el fin de prevenir errores respecto a los cálculos de la aplicación o con problemas de interacción entre usuario y *skill*. Dentro de este orden de ideas se realizaron las siguientes pruebas.

- **Pruebas unitarias**

Se realizaron múltiples pruebas unitarias durante el desarrollo de toda la investigación, esto con el fin de estudiar el comportamiento de cada unidad de código realizada. Estas pruebas fueron ejecutadas en el momento de finalizar la implementación de un *intent* junto con su controlador, permitiendo verificar que cada una de las peticiones enviadas desde la interfaz de usuario de voz tengan una respuesta concuerda y correcta por parte del *backend*.

El resumen de la documentación de las pruebas unitarias puede ser encontrado en el anexo 8.2.1.

- **Pruebas de integración**

El objetivo de las pruebas de integración fue verificar el correcto funcionamiento de los distintos componentes desarrollados. Estas pruebas fueron llevadas a cabo una vez se haya terminado de realizar las pruebas unitarias para cada *intent* y su controlador, esto con el fin de determinar que todo lo que se haya desarrollado para la aplicación funcione correctamente en conjunto.

El resumen de la documentación de las pruebas de integración puede ser encontrado en el anexo 8.2.2.

- **Pruebas de aceptación**

Las pruebas de aceptación permitieron verificar que el sistema cumplió con el funcionamiento esperado, para ello se hicieron dos pruebas.

- A. La primera se basó en utilizar la aplicación de Android **DualBolus** creada por la Unidad de Diabetes Pediátrica del Hospital General de Alicante (España) y desarrollada por el grupo de investigación en neuroingeniería biomédica (nBio) de la Universidad de Miguel Hernández de elche, España. Esta aplicación móvil (disponible únicamente en España), al igual que la *skill* desarrollada, permite calcular los bolos duales utilizando los carbohidratos y las Unidades Grasa-Proteína. Con base en esto se le solicitó a un usuario registrar una cantidad de carbohidratos, grasas y proteínas en la aplicación de Android **Dual Bolus**. Después se le indicó registrar los mismos datos en la *skill* desarrollada. Los resultados fueron los siguientes:

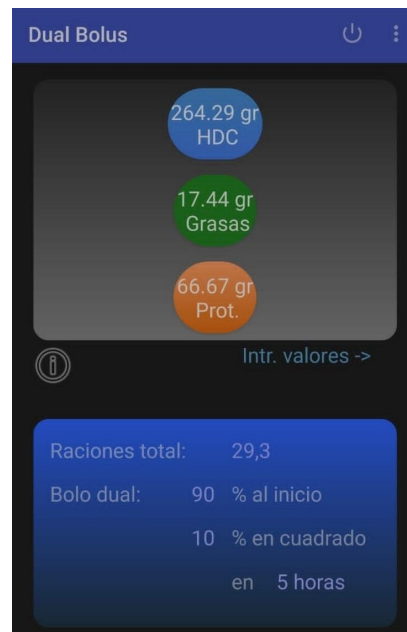


Figura 7. Resultado DualBolus de Android

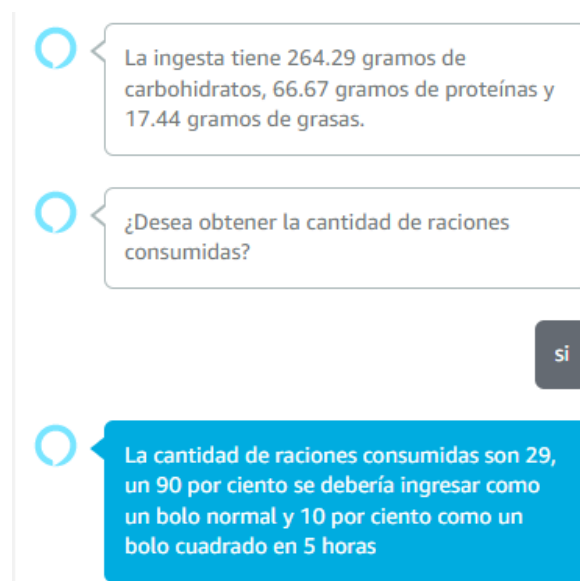


Figura 8. Resultado Bolo Dual desarrollado en este proyecto.

Como se pudo observar en las figuras 7 y 8 el resultado de ambas aplicaciones respecto al consumo de 264.29 gramos de carbohidratos, 66.67 gramos de proteínas y 17.44 gramos de grasas, da como respuesta un total de 29 raciones consumidas, donde el 90 por ciento esas raciones equivalen a un bolo normal y el 10 por ciento a un bolo cuadrado en 5 horas. Por medio de esta prueba se pudo concluir que la skill desarrollada da unos resultados satisfactorios, ya que son similares a una calculadora de bolo verificada desarrollada para Android.

El resumen de la documentación de las pruebas de aceptación puede ser encontrado en el anexo 8.2.3.

- B. Para la segunda prueba se realizó un cálculo utilizando las ecuaciones planteadas en el punto 4.2.1 y se comparó con el resultado de la *skill*, como se puede observar a continuación.

Al igual que en el punto anterior se utilizarán los siguientes valores.

$$\text{Carbohidratos} = 264.29 \text{ gramos}$$

$$\text{Grasas} = 17.44 \text{ gramos}$$

$$\text{Proteínas} = 66.67 \text{ gramos}$$

Raciones de carbohidratos (RCH) y unidades grasa-proteína (UGP) consumidas.

$$RCH = \frac{264,29}{10} = 26,429 \text{ raciones}$$

$$UGP = \left(\frac{17,44 * 9}{150}\right) + \left(\frac{66,67 * 4}{150}\right) = 2,82 \text{ kilocalorías}$$

Raciones totales consumidas (RC), teniendo en cuenta que una UGP equivale a una RCH que son 10 gramos de carbohidratos.

$$RC = 26,429 + 2,82 = 29,24 \text{ raciones}$$

Porcentaje de las raciones que se deben ingresar como un bolo normal (PBN) y como un bolo cuadrado (PBC).

$$PBN = \left(\frac{26,429}{29,24}\right) * 100 = 90 \%$$

$$PBC = \left(\frac{2,82}{29,24}\right) * 100 = 10\%$$

Tiempo de administración del bolo cuadrado (Adm) en horas.

$$Adm(t) = \min((2,82 + 2), 8) \approx 5 \text{ horas}$$

Al igual que el resultado dado por la aplicación de Android BoloDual, los resultados fueron los esperados.



- **Pruebas de usabilidad**

Estas pruebas validan que tan bien un cliente puede interactuar con el sistema para completar una tarea. Respecto a esto se realizaron varias pruebas durante el desarrollo donde se les solicitó a algunos usuarios que registraran los últimos alimentos consumidos. De estas pruebas se encontraron las siguientes problemáticas.

- A. Un usuario al solicitar registrar 2 manzanas y 6 nuggets, ocasionó que Alexa no detectará el último alimento mencionado. Respecto a esta problemática, se registraron varios alimentos en los cuales tampoco se detectaba por parte de la skill los alimentos como beicon, kebab, entre otros, concluyendo que Alexa no detecta algunos nombres de alimentos extranjeros.
- B. El usuario al momento de registrar directamente 3 alimentos con la sentencia: “*registra un plato de leche con cereal y frutas*”, ocasionó que el sistema no reconociera todos los alimentos y por ende el análisis de la ingesta no pudo ser realizado. Dada la problemática expuesta anteriormente, se especificó en la aplicación que se deberán registrar uno a uno los alimentos consumidos.

A medida que se fue avanzando en el desarrollo de la *skill*, se fueron depurando todos los errores encontrados durante las pruebas realizadas por los usuarios, de esta manera los resultados finales fueron exitosos. Respecto a las problemáticas mencionadas anteriormente, estas fueron las principales correcciones realizadas para este tipo de prueba.

El resumen de la documentación de las pruebas de usabilidad puede ser encontrado en el anexo 8.2.4.

### 4.3.7. Despliegue

Como se pudo observar en los puntos anteriores, la *skill* pasó las pruebas realizadas respecto a la comunicación con el cliente y la eficacia de los resultados. Finalizando esto, la *skill* ya se puede poner a disposición en las tiendas de Amazon, para ello se siguieron una serie de pasos para su distribución.

#### 1. *Skill preview*

En *skill preview* se realizó una breve descripción respecto a la aplicación. Esta información podrá ser vista dentro de las tiendas de Amazon antes de querer instalar la *skill* en Alexa. La información registrada fue la siguiente:

- Nombre de la skill.
- Información respecto a lo que hará la aplicación.
- Breve descripción sobre el uso de la skill.
- Ejemplos de uso de invocación.
- Icono de la *skill*.
- Categoría.

Además, se registró una exención de responsabilidad que especifica que la *skill* no pretende sustituir la orientación médica realizada por un especialista, sino que es una herramienta tecnológica con fines meramente informativos y educativos, que funciona de apoyo en el momento de calcular las raciones de los macronutrientes que corresponden a un grupo de alimentos.

## 2. Privacidad y cumplimiento

En esta sección se especificó que la *skill* no contiene funciones de pago, no recopila información personal y que por evitar problemas legales en algunos países no está dirigida a niños menores de 13 años. Además de todo esto, se confirmó que la *skill* cumple con los requisitos de exportación de Alexa Skills.

## 3. Disponibilidad

Aquí se definió que la *skill* podrá ser accedida por cualquier usuario que tenga una cuenta de Alexa Amazon y se encuentre en uno de los países donde estará disponible. Los países tenidos en cuenta para la habilitación de la aplicación en las tiendas serán los que pertenecen a la Red Iberoamericana de Tecnologías Aplicadas a la Diabetes (Ritadiab) [15], exceptuando Cuba, debido a que en este país no se puede acceder a las tiendas de Alexa. Además, por petición de algunos usuarios también fue habilitada en Estado Unidos. Respecto a lo anterior, los países seleccionados son:

- Argentina
- Chile
- Colombia
- México
- Panamá
- Perú
- España
- Estado Unidos

Toda esta información, la interfaz de usuario de voz y el *backend* serán enviados para ser analizados por los desarrolladores y analistas de Amazon, quienes decidirán si se debe realizar un cambio o aprobar la *skill* para realizar la certificación y poder ser habilitada en las tiendas de Amazon.

### 4.3.8. Pruebas realizadas por parte de los desarrolladores de Amazon

El objetivo de esta sección es informar el resumen de pruebas realizadas por los testers oficiales de Alexa Amazon.

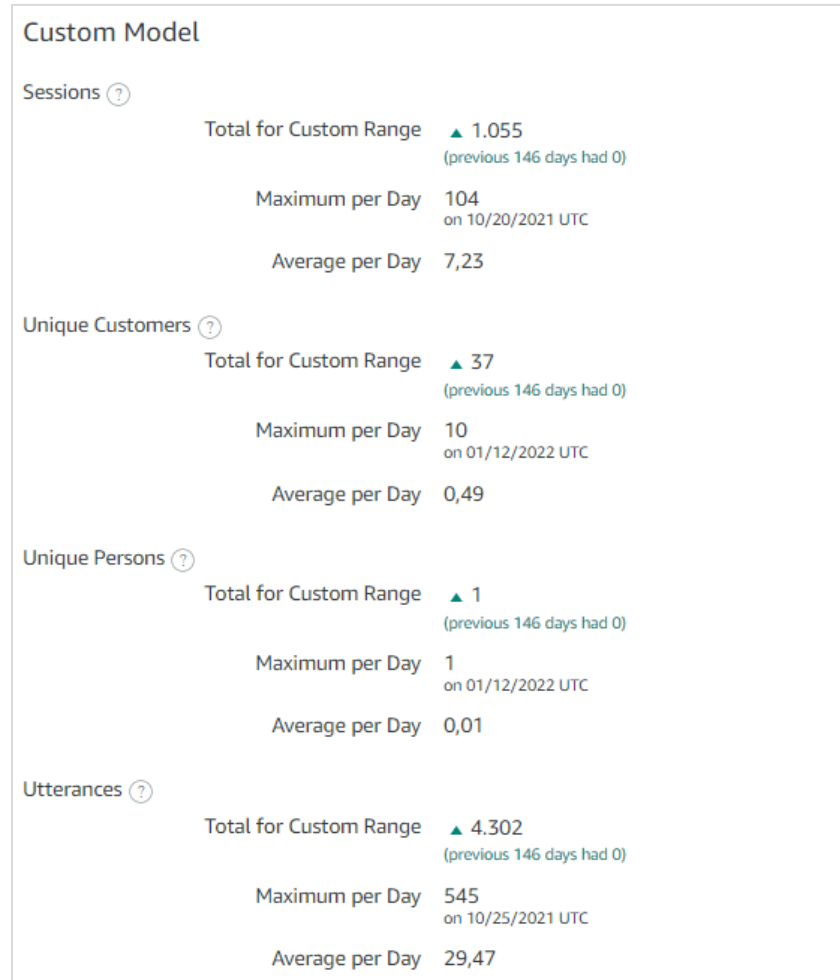


Figura 9. Resumen de pruebas realizadas por los testers de Amazon.

Respecto a lo encontrado en la figura 9, se puede observar que 37 testers de Amazon ingresaron a la skill 1055 veces entre el 4 de noviembre de 2021 y el 1 de diciembre del mismo año, realizando 4032 interacciones con la aplicación. Esto fue realizado con el fin de analizar que la *skill* desarrollada sea fiable y de calidad.

#### 4.3.9. Monitoreo de la skill

En esta sección se informará las estadísticas de uso de la aplicación, desde el 4 de noviembre de 2021 (día que fue publicada en la tienda) hasta el 9 de marzo de 2022.

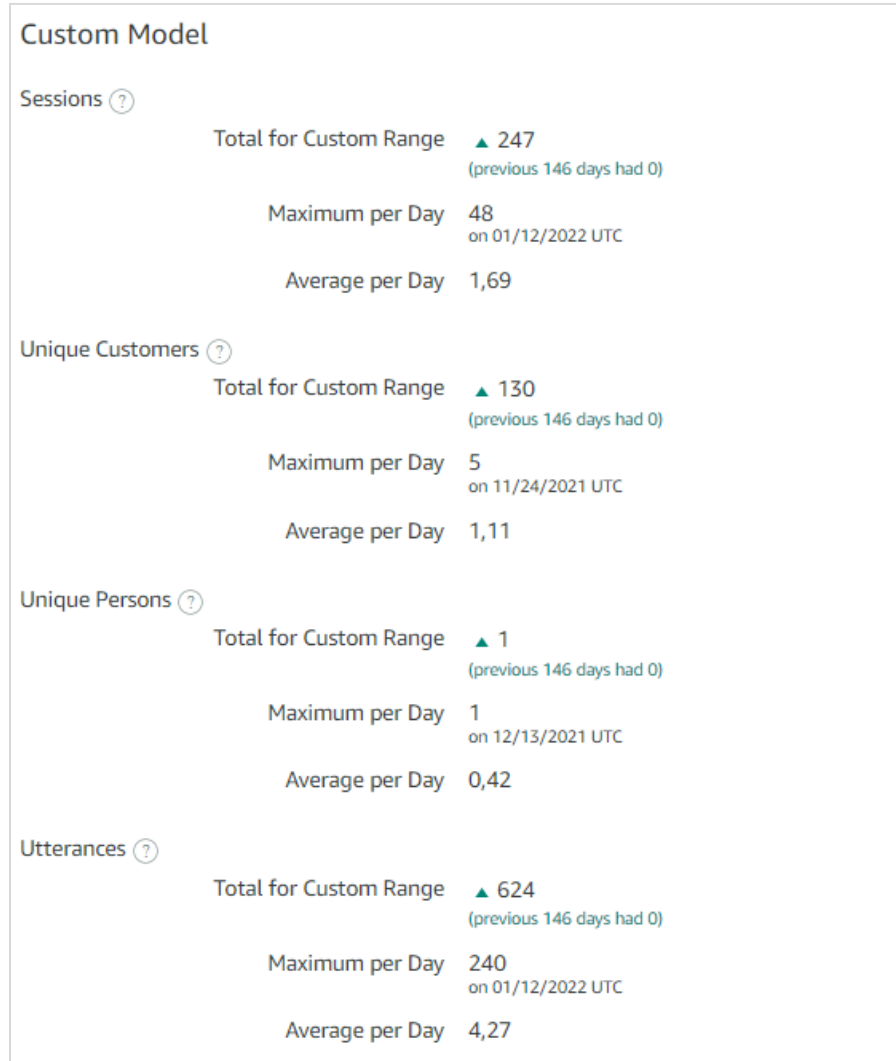


Figura 10. Estadísticas del uso de la *skill*.

De las estadísticas vistas en la figura 10, se puede observar que, en 117 días, 130 usuarios con diferentes cuentas de Amazon, activaron la *skill* 247 veces en las cuales se realizaron 624 interacciones.

## 5. Evaluación del sistema

En este capítulo se explicarán cada uno de los procesos que se desarrollaron para realizar la evaluación del sistema. Esto con el fin de determinar de manera sistemática y objetiva, el rendimiento y el éxito de la aplicación desarrollada.

Esta evaluación fue implementada realizando un protocolo de pruebas, guías de estudio para el entendimiento de la *skill*, una encuesta de satisfacción y una investigación de campo junto con el análisis de cada uno de los resultados obtenidos.

### 5.1. Guías de estudio para el entendimiento de la *skill*

Las guías de estudio son una herramienta que facilita el aprendizaje de una aplicación, para ello en esta investigación se utilizaron los siguientes tipos de instrucciones.

#### 5.1.1. Manual de usuario

Un manual de usuario es un documento de comunicación técnico que busca brindar asistencia a los usuarios que deseen utilizar una aplicación. Más allá de la especificación, el manual desarrollado para esta investigación busca apelar a un lenguaje ameno y simple, ya que esta guía puede ser leída por usuarios de diferentes países y/o culturas.

El manual de usuario sólo contiene instrucciones respecto al registro de alimentos, cómo activar la *skill*, cómo registrar una comida compuesta, la manera de consultar la cantidad total de macronutrientes consumidos, realizar cambios a la información de los macronutrientes que contiene un alimento, cómo obtener la cantidad de raciones consumidas y la configuración del bolo dual junto con el tiempo de administración. También contiene información respecto a cómo solicitar el último análisis realizado y cómo registrar directamente los macronutrientes consumidos.

El manual de usuario puede encontrarse en el anexo 8.5.

#### 5.1.2. Protocolo

Para dar una explicación aún más detallada sobre el uso de la *skill* se desarrolló un protocolo, el cual contiene la lista de instrucciones de cómo se debe interactuar con cada una de las funcionalidades que tiene la aplicación. El documento fue dividido en dos columnas, en la columna izquierda del documento se encontrará la explicación de cómo se debe realizar la petición para cada funcionalidad y en la columna derecha se podrá observar los ejemplos de cómo realizar las peticiones a la *skill*. Además, en la parte final del documento se encuentra una sección respecto a las preguntas más frecuentes por los usuarios.

En el anexo 8.6 se puede encontrar el protocolo realizado.

### 5.1.3. Tutoriales

Un tutorial es un método de transferir conocimiento, que conduce al usuario a través de las características y funciones más importantes de aplicaciones software y dispositivos hardware. Dentro de esta investigación se realizaron dos videos tutoriales basados en el contenido del manual de usuario y el protocolo, cada video contiene el paso a paso de cómo realizar cada una de las funciones del sistema por medio de ejemplos.

Los videos fueron subidos a Youtube y pueden ser encontrados en las referencias [85] [86].

## 5.2. Encuesta de satisfacción

Con el fin de conocer la opinión y la experiencia de los usuarios respecto al uso de la aplicación, se realizó una encuesta de satisfacción. La encuesta fue dirigida a 8 usuarios con las características dadas en la tabla 5:

Usuario	País de nacimiento	Rango de edad	Relación con diabetes
1	Colombia	Entre 51 y 65 años	Investigador
2	Colombia	Entre 31 y 50 años	Profesional de la salud
3	Colombia	Entre 30 y 51 años	Diabetes tipo 2
4	Colombia	Entre 31 y 50 años	Diabetes tipo 2
5	Colombia	Entre 30 y 51 años	Familiar de paciente
6	Colombia	Entre 51 y 65 años	Familiar de paciente
7	Estados Unidos	Menos de 18 años	Paciente tipo 1
8	Estados Unidos	Entre 18 y 30 años	Familiar de paciente

Tabla 5. Características de usuarios.

Las preguntas y resultados de las encuestas fueron las siguientes:

**A. Las estimaciones que usted realiza respecto a la información nutricional de sus alimentos es por medio de apps móviles, a ojo, pensados u otros.**

Para los 8 encuestados, el 75% respondió que la estimación la realiza a ojo, y el otro 25% respondió que realiza pensándolos.

**B. En general, ¿Cómo le pareció la aplicación?**

Se le indicó al usuario seleccionar en un valor de 1 a 10, donde 1 hace referencia a una nada útil y 10 a muy útil. Las estadísticas se encuentran en la figura 11.

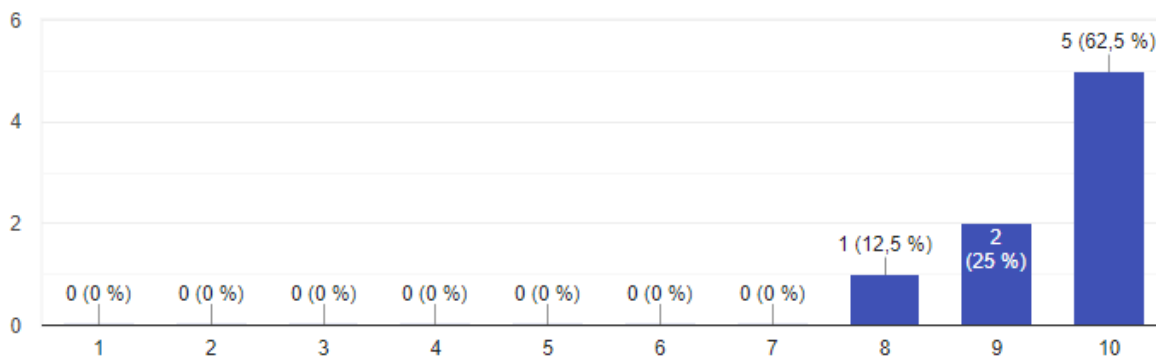


Figura 11. Estadística, opinión de la aplicación.

### C. ¿Cómo le pareció el manejo de la aplicación?

Se le indicó al usuario seleccionar en un valor de 1 a 10, donde 1 hace referencia a difícil y 10 a fácil. Las estadísticas se pueden observar en la figura 12.

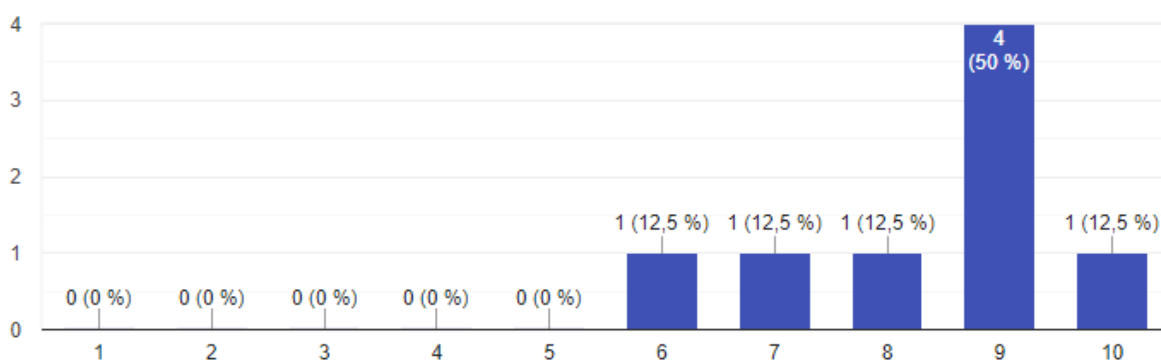


Figura 12. Estadística, manejo de aplicación.

### D. ¿Contenía la aplicación la información de su comida?

Se le indicó al usuario seleccionar en un valor de 1 a 10, donde 1 hace referencia nunca y 10 a siempre. Las estadísticas se encuentran a continuación en la figura 13.

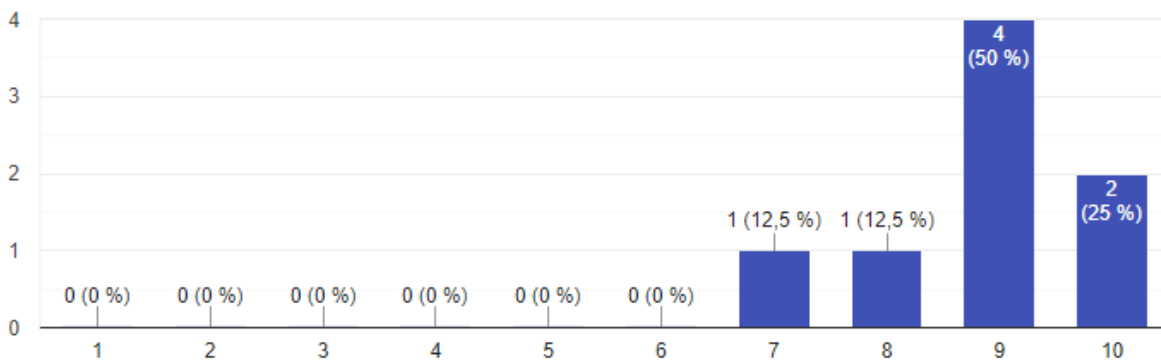


Figura 13. Estadística, información encontrada en la base de datos.

## E. Manual de usuario

En este punto se realizaron dos preguntas respecto al manual de usuario, la primera era si era fácil de entender, y la segunda si contenía la suficiente información. Las respuestas dadas para estas preguntas se basaban en contestar: Nada, Un poco o Bastante. Los resultados se encuentran en la figura 14.

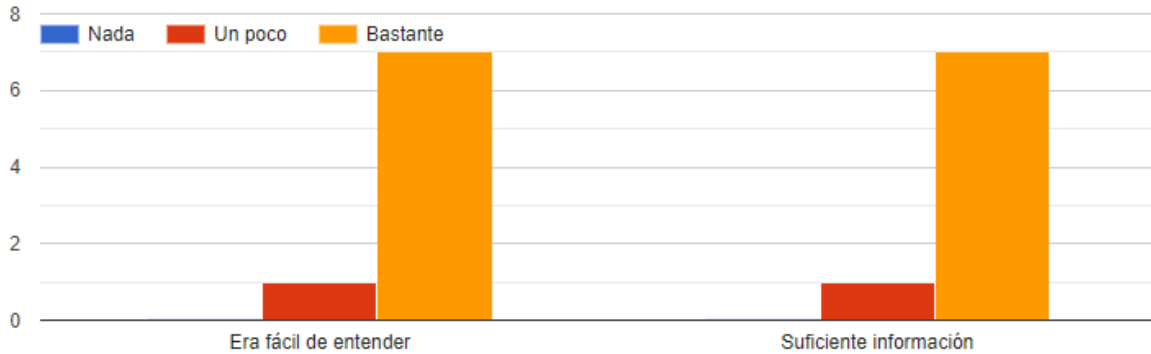


Figura 14. Estadística, uso manual de usuario.

## 5.3. Investigación de campo

En esta sección se describe detalladamente cómo se realizó la investigación de campo. A diferencia de las pruebas que ya fueron realizadas en el punto 4.3.6, estas están enfocadas en recopilar un conjunto de datos que permitan evaluar la diferencia entre realizar una estimación mental y la estimación dada por la aplicación.

La recopilación de datos para cada usuario se desarrolló siguiendo los siguientes puntos:

1. Se le entregará al usuario 4 imágenes de alimentos donde tendrá que calcular la cantidad de raciones que puede contener cada imagen. Este cálculo lo realizará tanto de forma mental como usando la *skill*. Las imágenes son las siguientes:



Figura 15. Plato de arroz



Figura 16. Plato compuesto





Figura 17. Arroz con mariscos



Figura 18. Pescado frito

2. Para que el paciente pueda conocer la cantidad de raciones que corresponde a cada imagen según la *skill*, se le otorgará un Echo Alexa en el cual ya se encuentre habilitada la aplicación para que el usuario pueda registrar cada plato.
3. Teniendo en cuenta que se le han entregado al paciente los materiales mencionados en los puntos anteriores, se le solicitará que comience con la estimación mental para cada plato y que los valores sean registrados en la tabla 6. En el momento que termine de anotar cada uno de los datos dados en la estimación mental, se le solicitará que registre cada plato en la *skill* y los resultados que la aplicación arroje también sean anotados.

Figura	Estimación (Raciones)	Resultado Bolo Dual (Raciones)
Plato de arroz		
Plato compuesto		
Arroz con mariscos		
Pescado frito		

Tabla 6. Tabla de registro de estimaciones.

## 5.4. Resultados

En esta sección se presentarán los resultados obtenidos por la investigación de campo. Las estadísticas encontradas a continuación fueron dirigidas a dos pacientes con diabetes tipo 1, una con nacionalidad estadounidense y otro con nacionalidad española. También, dos pacientes con diabetes tipo 2 de nacionalidad colombiana realizaron las estimaciones. Los resultados fueron los siguientes:

Estimación	Figura 15 (Raciones)	Figura 16 (Raciones)	Figura 17 (Raciones)	Figura 18 (Raciones)
paciente 1 - Diabetes tipo 1	6	13	6	2

paciente 2 - Diabetes tipo 1	5	12	4	1,5
paciente 3 - Diabetes tipo 2	5	13	7	2
paciente 4 - Diabetes tipo 2	10	16	10	3
Sumatoria	26	54	27	8,5
Media	6,5	13,5	6,75	2,125

Tabla 7. Resultado de estimación de todos los pacientes.

	Figura 15 (Raciones)	Figura 16 (Raciones)	Figura 17 (Raciones)	Figura 18 (Raciones)
Estimación Bolo Dual	6	14	4	1

Tabla 8. Estimación de Bolo Dual

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en las tablas 7 y 8, se deberá conocer el margen de error relativo entre los datos dados de la aplicación y la media de las estimaciones mentales de cada plato. Esta estadística nos permitirá cuantificar la cantidad de error de muestreo en la estimación de resultados. También se hallará el margen de error relativo de los resultados dados tanto para los pacientes tipo 1 como los tipo 2. Esto con el fin de estudiar qué tan acertadas son las estimaciones para cada tipo de diabetes.

Para hallar el margen de error respecto a las estimaciones de cada plato se realizará el siguiente procedimiento:

$$\text{Margen de error} = \pm 100 \pm \left( \frac{\text{Media de las estimaciones mentales}}{\text{Estimación bolo dual}} * 100 \right) \quad (10)$$

## 5.5. Margen de error relativo de los datos obtenidos por todos los pacientes

En este punto se hallará el margen de error relativo respecto a los datos obtenidos por las estimaciones mentales de los 4 pacientes y los resultados dado por la *skill* para cada plato. A continuación en la tabla 9 se encontrarán los resultados hallados.

Imagen	Operación	Margen de error relativo (%)
Figura 15	$\pm 100 \pm \left( \frac{6,5}{6} * 100 \right)$	8,33
Figura 16	$\pm 100 \pm \left( \frac{13,5}{14} * 100 \right)$	3,57
Figura 17	$\pm 100 \pm \left( \frac{6,75}{4} * 100 \right)$	68,75

Figura 18	$\pm 100 \pm \left(\frac{2,125}{1} * 100\right)$	112,5
-----------	--	-------

Tabla 9. Margen de error relativo de los pacientes

## 5.6. Margen de error relativo de los datos obtenidos por los pacientes con diabetes tipo 1

En esta sección se hallará el margen de error relativo para la estimación realizada por los pacientes con diabetes tipo 1 respecto a los datos dados por la aplicación. Como se puede observar en la tabla 10, se apartó la media estimada respecto a la estimación de los dos pacientes y en la tabla 11 se halló el margen de error relativo de las estimaciones para cada plato.

Estimación	Figura 15 (Raciones)	Figura 16 (Raciones)	Figura 17 (Raciones)	Figura 18 (Raciones)
Paciente 1	6	13	6	2
Paciente 2	5	12	4	1,5
Sumatoria	11	25	10	3,5
Media	5,5	12,5	5	1,75

Tabla 10. Resultado de estimación de los pacientes tipo 1.

Imagen	Operación	Margen de error relativo (%)
Figura 15	$\pm 100 \pm \left(\frac{5,5}{6} * 100\right)$	8,33
Figura 16	$\pm 100 \pm \left(\frac{12,5}{14} * 100\right)$	10,71
Figura 17	$\pm 100 \pm \left(\frac{5}{4} * 100\right)$	25
Figura 18	$\pm 100 \pm \left(\frac{1,75}{1} * 100\right)$	75

Tabla 11. Margen de error relativo de los pacientes con diabetes tipo 1.

## 5.7. Margen de error relativo de los datos obtenidos por los pacientes con diabetes tipo 2

En esta sección se hallará el margen de error relativo para la estimación realizada por los pacientes con diabetes tipo 2 respecto a los datos dados por la aplicación. Como se puede observar en la tabla 12, se apartó la media estimada respecto a la estimación de los dos pacientes y en la tabla 13 se halló el margen de error relativo de las estimaciones para cada plato.

Estimación	Figura 15 (Raciones)	Figura 16 (Raciones)	Figura 17 (Raciones)	Figura 18 (Raciones)
Paciente 4	5	13	7	2
Paciente 5	10	16	10	3
Sumatoria	15	29	17	5
Media	7,5	14,5	8,5	2,5

Tabla 12. Resultado de estimación de los pacientes tipo 2.

Imagen	Operación	Margen de error relativo (%)
Figura 15	$\pm 100 \pm \left(\frac{7,5}{6} * 100\right)$	25
Figura 16	$\pm 100 \pm \left(\frac{14,5}{14} * 100\right)$	3,57
Figura 17	$\pm 100 \pm \left(\frac{8,5}{4} * 100\right)$	112,5
Figura 18	$\pm 100 \pm \left(\frac{2,5}{1} * 100\right)$	150

Tabla 13. Margen de error relativo de los pacientes con diabetes tipo 2.

## 6. Conclusiones y lecciones aprendidas

La presente investigación fue realizada pretendiendo seguir una serie de procesos de ingeniería con el fin de implementar una calculadora de bolo para un asistente virtual de voz que permita verificar el consumo no solamente de carbohidratos, sino que también de grasas y proteínas para pacientes con diabetes mellitus y discapacidad visual. El resultado de esta investigación es una *skill* de Alexa Amazon llamada Bolo Dual que permite escalabilidad y estabilidad.

Inicialmente, se llevó a cabo un estudio de las herramientas tecnológicas como aplicaciones móviles y asistentes virtuales, que se utilizan actualmente tanto para el control de la diabetes como el cuidado general de la salud. Gran parte de los sistemas estudiados que están enfocadas en realizar procedimientos de autocontrol, solamente incluyen a los carbohidratos como único macronutriente que influye en el control de la glucosa, desconociendo la alteración que pueden causar las grasas y proteínas en los niveles de glucosa en sangre. Además, en el estudio realizado respecto al auge de aplicaciones móviles en el sistema de la salud, se evidencia que la gran cantidad de apps que existen, evitan realizar un análisis exhaustivo de cada una de ellas, evitando estudiar el impacto que pueden tener en la mejora de la calidad de vida de los pacientes.

Una de las ventajas que impulsó el desarrollo de esta investigación es la gran acogida de las personas con los asistentes virtuales de voz, gracias a su capacidad para facilitar algunas de las tareas que se realizan habitualmente con dispositivos móviles y la forma de interactuar con los sistemas empleando un lenguaje natural. El asistente virtual de voz que más está siendo adaptado en el entorno de la salud es el desarrollado por Amazon, Alexa. Este asistente inteligente, gracias a sus aplicaciones activadas por voz que añaden nuevas funcionalidades a Alexa llamadas *skills*, ya cuentan con más de 80 mil habilidades enfocadas en el cuidado personal.

Teniendo en cuenta todo lo investigado anteriormente, la mejor opción para desarrollar una calculadora de bolo para un asistente virtual es Alexa Amazon, ya que, gracias a su gran popularidad y su compatibilidad con distintos sistemas operativos y versiones de software, permitirá alcanzar a muchos pacientes con diabetes mellitus que puedan tener problemas de deficiencia visual.

Respecto al desarrollo de la *skill*, el haber implementado un banco de datos personal para cada usuario, permitió que cada uno de ellos pueda retroalimentar la información de la aplicación como ellos lo deseen. Además, en el caso de que existan usuarios que simplemente quieren probar la *skill* y agregar cualquier información que no sea un alimento, esta retroalimentación no afectará la información de las otras cuentas.

Para el resultado dado por la aplicación, las respuestas fueron dadas en cantidad de raciones consumidas, junto con el porcentaje equivalente a un bolo normal y a un bolo cuadro con tiempo de administración. La respuesta es dada de esta forma ya que, para realizar el cálculo respecto a la cantidad de unidades de insulina, se debe tener en cuenta

la sensibilidad de la misma para cada paciente y esta puede ser alterada una gran cantidad de veces al día, ya sea por la realización de ejercicio, la alimentación, el reposo mientras se duerme, entre otras.

Dados los resultados de la encuesta de satisfacción, se puede interpretar que a pesar que los usuarios no estén acostumbrados a realizar la estimación por medio de sistemas software como son las aplicaciones móviles, les pareció útil y no tan difícil realizar la estimación por medio de un asistente virtual de voz. Además, de que la *skill* desarrollada contenía tenía en un gran porcentaje de los alimentos que ellos habían registrado.

Respecto al manual de usuario, se puede concluir que, para la gran mayoría de encuestados, la información suministrada en el documento incluye la suficiente información del funcionamiento de la aplicación, además de ser fácil de comprender.

Respecto a los resultados dados en el punto 5.5 se pudo encontrar la inexactitud que pueden tener los pacientes con diabetes en el momento de realizar una estimación mental de macronutrientes sobre sus alimentos. Además, respecto al margen de error dado por la figura 18, se puede explicar cómo una posible inexperiencia de los pacientes al estimar un alimento con grasas y proteínas que contienen un bajo contenido en carbohidratos. Igualmente, se debe tener en cuenta que, al ser un alimento de pocas raciones, una diferencia pequeña en la estimación supondría un margen de error mayor con respecto al valor correcto.

Para el análisis dado por los resultados del punto 5.6 y 5.7, se pudo encontrar una leve diferencia para una mejor estimación por parte de los pacientes con diabetes tipo 1 respecto a los tipo 2, a pesar de los resultados dados por la figura número 17. Una posible explicación que se puede dar a la diferencia de estos resultados, es que los pacientes con diabetes tipo 2 no necesariamente requieren conocer la cantidad exacta de macronutrientes que ingieren, ya que no en todos los casos los pacientes con este tipo de diabetes se administran insulina, a diferencia de los pacientes con diabetes tipo 1, que al ser obligatorio la administración de insulina exógena, estos tienen más en práctica la estimación de macronutrientes.

### **Trabajos futuros**

- Se recomienda para trabajos futuros realizar un estudio del comportamiento de la sensibilidad de insulina de los pacientes durante el transcurso del día, ya sean por cambios realizados por el estado de ánimo, las actividades físicas, cuando el sujeto esté en reposo, entre otras. El objetivo de esta investigación permitiría que el resultado dado hacía los pacientes por parte de la *skill* sea en unidades de insulina y no en cantidad de raciones consumidas.
- Realizar una integración de Amazon Rekognition con la *skill* desarrollada. Esto permitiría utilizar las capacidades de visión artificial de Amazon Rekognition para extraer a partir de imágenes o videos de los alimentos, una estimación más exacta respecto a la cantidad total de macronutrientes que contienen.

## 7. Referencias bibliográficas

[1] L. P. Jácome Salazar y C. A. Viracocha Molina. "Uso de dispositivos móviles y desarrollo de habilidades sociales en adolescente". Repositorio Digital Universidad Central de Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/12753> (accedido enero 2022).

[2] J. Cho, "The impact of post-adoption beliefs on the continued use of health apps", *International Journal of Medical Informatics*, vol. 87, pp. 75–83, marzo de 2016. Accedido enero 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2015.12.016>

[3] A. Saavedra Montejó. "Oye Siri, Okey Google, Hey Alexa...: Determinantes de la intención de uso de los asistentes virtuales por voz e influencia de la privacidad percibida". Biblos-e Archivo. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/692318> (accedido enero 2022).

[4] Amazon México. "Accesibilidad de Alexa aprovecha al máximo las funcionalidades de Alexa". Amazon.com.mx. <https://www.amazon.com.mx/AlexaAccesibilidad> (accedido enero 2022).

[5] "Welcome to RNIB". RNIB - See differently. <https://www.rnib.org.uk/> (accedido enero 2022).

[6] N. Crespo, E. Rosales, R. González, N. Crespo y J. Hernández, "Caracterización de la diabetes mellitus", *Revista Cubana de Medicina General Integral*. Editorial Ciencias Médicas, Ciudad de la Habana, 2003.

[7] A. Almaguer, P. M. Soca, R. Será, M. Soler y R. Oliveros Guerra, "Actualización sobre diabetes mellitus", *Correo Científico Médico*, vol. 16, n.º 2, p. 13, 2012.

[8] Endocrine Society. "Pacientes y cuidadores . la diabetes e insulina". Patient Engagement | Endocrine Society. <https://www.hormone.org/pacientes-y-cuidadores/la-diabetes-e-insulina> (accedido enero 2022).

[9] M.-H. A. Lin, "Glycemic index, glycemic load and insulinemic index of Chinese starchy foods", *World Journal of Gastroenterology*, vol. 16, n.º 39, p. 4973, 2010. Accedido febrero 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.3748/wjg.v16.i39.4973>

[10] "American Diabetes Association | Research, Education, Advocacy". <https://www.diabetes.org/> (accedido febrero 2022).

[11] The University of Tübingen. "University | University of Tübingen". Startseite | Universität Tübingen. <https://uni-tuebingen.de/en/university.html> (accedido febrero 2022).

[12] R. Cardona Hernández, "El Tübingen Grill Study demuestra niveles más altos de glucemia después de comidas ricas en grasas y proteínas | Guía Diabetes tipo 1", *Guía Diabetes tipo 1*, 2016.[Online].

- [13] L. Pérez-García, M. J. Goñi-Iriarte y M. García-Mouriz, "Comparación del tratamiento con infusión subcutánea continua de insulina frente a la terapia con múltiples dosis de insulina con calculador de bolus en pacientes con diabetes tipo 1", *Endocrinología y Nutrición*, vol. 62, n.º 7, pp. 331–337, agosto de 2015. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.endonu.2015.06.003>
- [14] A. Chico y E. Aguilera, "Guía Rápida ISCI", *Sociedad Española de Diabetes*, vol. 2, p. 68, 2018.
- [15] Universidad Miguel Hernandez, "RitaDiab - Red Iberoamericana de Tecnologías Aplicadas a la Diabetes", 2020. [online]. Available: <https://ritadiab.umh.es/> (accedido febrero 2022).
- [16] E. Mora, "Estado actual de la diabetes mellitus en el mundo". *Acta Médica Costarricense*, pp. 44-46, 2014.
- [17] World Health Organization. Definition and diagnosis of diabetes mellitus and intermediate hyperglycemia: report of a WHO/IDF consultation. Ginebra: World Health Organization; 2006.
- [18] Minsalud. "Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia". <https://www.minsalud.gov.co>. <https://www.minsalud.gov.co/Portada2021/index.html> (accedido febrero 2022).
- [19] E. Buschur y S. Lawrence, "Diabetes Mellitus (Type 1)", In *Care of Adults with Chronic Childhood Conditions*, *Springer International*, 2016, pp 131–147.
- [20] L. Lowes, D. Eddy, S. Channon, R. McNamara, M. Robling y J. W. Gregory, "The Experience of Living with Type 1 Diabetes and Attending Clinic from the Perception of Children, Adolescents and Carers: Analysis of Qualitative Data from the DEPICTED Study", *Journal of Pediatric Nursing*, vol. 30, n.º 1, pp. 54–62, enero 2015. Accedido febrero 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2014.09.006>
- [21] J. Olmedo y P. Vigil-de-Gracia, "Diabetes gestacional: conceptos actuales", *Ginecol. obstet. México*, vol. 85, n.º 6, p. 1, 2017.
- [22] "Causas de la diabetes secundaria". *Revista Diabetes*. <https://revistadiabetespr.com/causas-de-la-diabetes-secundaria/> (accedido febrero 2022).
- [23] Adigran. "Sistemas de medición de glucosa". Adigran. <https://www.adigran.org/que-es-la-diabetes/tecnologia-herramientas-para-el-autocuidado/sistemas-de-medicion-de-glucosa/> (accedido febrero 2022).
- [24] A.-R. Abubakari, R. Cousins, C. Thomas, D. Sharma y E. K. Naderali, "Sociodemographic and clinical predictors of self-management among people with poorly controlled type 1 and type 2 diabetes: The role of illness perceptions and self-efficacy",



*Journal of Diabetes Research*, vol. 2016, pp. 1–12, 2016. Accedido febrero 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1155/2016/6708164>

[25] R. Saxena *et al.*, "Large-Scale gene-centric meta-analysis across 39 studies identifies type 2 diabetes loci", *The American Journal of Human Genetics*, vol. 90, n.º 3, pp. 410–425, marzo de 2012. Accedido febrero 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2011.12.022>.

[26] Y. Bi *et al.*, "Advanced research on risk factors of type 2 diabetes", *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, vol. 28, pp. 32–39, diciembre de 2012. Accedido febrero 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1002/dmrr.2352>.

[27] J. F. Ascaso, "Obesidad abdominal, resistencia a la insulina y riesgo metabólico y vascular", *Medicina Clínica*, vol. 131, n.º 10, pp. 380–381, septiembre de 2008. Accedido febrero 2022. [En línea]. Disponible: [https://doi.org/10.1016/s0025-7753\(08\)72287-5](https://doi.org/10.1016/s0025-7753(08)72287-5)

[28] I. Conget, "Diagnóstico, clasificación y patogenia de la diabetes mellitus", *Revista Española de Cardiología*, vol. 55, n.º 5, pp. 528–535, enero de 2002. Accedido febrero 2022. [En línea]. Disponible: [https://doi.org/10.1016/s0300-8932\(02\)76646-3](https://doi.org/10.1016/s0300-8932(02)76646-3)

[29] kidshealth. "Insulina (para Padres) - Nemours KidsHealth". Nemours KidsHealth - the Web's most visited site about children's health. <https://kidshealth.org/es/parents/insulin.html> (accedido febrero 2022).

[30] G. Montagna, C. Manucci, O. Ramos, S. Santillán, L. Agnese y I. Moreno, "Tratamiento de la diabetes mellitus tipo 1", *Revista ALAD*, vol. 16, pp. 129–131, 2008.

[31] R. B. Castellanos y P. R. Pérez, "*Diabetes tipo 1 en la edad pediátrica: Insulinoterapia*". Madrid: Diabetes de la SED, 2019.

[32] Mayo Clinic. "Análisis de azúcar en sangre. Por qué, cuándo, y cómo". Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/diabetes/in-depth/blood-sugar/art-20046628> (accedido febrero 2022).

[33] E. Mora Morales y M. Vinocour Fournier, "Consideraciones clínicas sobre la importancia de la sensibilidad a la insulina, su resistencia y la intolerancia a la glucosa", *Alad*, vol. 15, n.º 2, 2007.

[34] Hospital Sant Joan De Déu Barcelona. "Qué es un glucómetro | Guía Diabetes tipo 1". Guía Diabetes tipo 1. <https://diabetes.sjdhospitalbarcelona.org/es/diabetes-tipo-1/debut/es-glucometro> (accedido febrero 2022).

[35] Mayo Clinic. "Tratamiento para la diabetes: Uso de insulina para controlar el azúcar en la sangre". Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/diabetes/in-depth/diabetes-treatment/art-20044084> (accedido febrero 2022).

[36] F. Calvo Ferrer, M. J. López García, M. Rodríguez Rigual y M. Oyarzabal Irigoyen, "Diabetes mellitus tipo 1 tratamiento seguimiento complicaciones agudas", en Diabetes tipo 1, *Sociedad Española de Endocrinología Pediátrica*, 2011, pp 129–134.

[37] R. Cardona, E. Colino y L. Herranz. "Ejercicio y diabetes". Fundación para la Diabetes Novo Nordisk. <https://www.fundaciondiabetes.org/infantil/183/ejercicio-y-diabetes-ninos> (accedido febrero 2022).

[38] Sediabetes. "Home - SED". SED. <https://www.sediabetes.org/> (accedido febrero 2022).

[39] Fedesp. "FEDE - federación española de diabetes FEDE". Federación Española de Diabetes FEDE. <https://fedesp.es/> (accedido febrero 2022).

[40] HostGator. "¿Sabes qué es un asistente virtual inteligente? Conoce a Alexa y Siri". Blog HostGator México. <https://www.hostgator.mx/blog/alex-siri-asistente-virtual-inteligente/> (accedido febrero 2022).

[41] Cube Technology Innovation. "MyHEALTH WATCHER". Amazon Colombia. <https://www.amazon.com/Cube-Technology-Innovation-myHEALTH-WATCHER/dp/B08MQC384C> (accedido el 6 de febrero de 2022).

[42] A. Gazdecki. "9 mobile technology trends for 2017 (infographic) - bizness apps". Bizness Apps. <https://www.biznessapps.com/blog/mobile-technology-trends/> (accedido febrero 2022).

[43] Official website of the European Union. "Register of commission documents". European Commission | Choose your language | Choisir une langue | Wählen Sie eine Sprache. <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/ES/1-2014-219-ES-F1-1.Pdf> (accedido febrero 2022).

[44] J. Alonso Arévalo y J. A. Mirón Canelo, "Mobile health applications: Potential, regulation and security", *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, vol. 28, n.º 3, 2017.

[45] V. Vallejo Sánchez, "Nuevas tecnologías aplicadas en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo i", *NPunto*, vol. 4, n.º 44, 2021.

[46] G. García Candás, M. G. Domínguez Menéndez y Y. García Álvarez, "Monitorización continua de glucosa y calidad de vida en pacientes con diabetes mellitus tipo 1", *Conocimiento Enfermero*, vol. 2, n.º 06, pp. 33-48, 2019.

[47] M. Giménez, G. Díaz-Soto, V. Andía, R. de Adana y B. García-Cuartero, "Documento de consenso sedseep sobre el uso de la mcg en españa", *Grupo de trabajo de Tecnologías aplicadas a la Diabetes de la SED*, 2017.

[48] Dexcom. "Introducción del nuevo sistema MCG dexcom G6 experimente el poder de lo que dexcom G6 puede hacer por usted". Dexcom Continuous Glucose Monitoring. <https://www.dexcom.com/es-ES> (accedido febrero 2022).

[49] Medtronic. "Sensor enlite - medtronic eshop para diabetes". Medtronic diabetes eShop. <https://eshop.medtronic-diabetes.co/es/cgmsupplies/sensors/EnliteSensor> (accedido febrero 2022).

[50] P. Apablaza, N. Soto, R. Román y E. codner, "Nuevas tecnologías en diabetes", *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 27, n.º 2, pp. 213–226, marzo de 2016. Accedido febrero 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.04.011>

[51] A. Van Brookhoven. "New Alexa design guide: Create engaging alexa skills using situational design". Amazon Developer Services. <https://developer.amazon.com/es/blogs/alexa/post/ee0e00c9-37cd-46ac-8695-06552e0885b0/new-alexa-design-guide-create-engaging-alexa-skills-using-situational-design> (accedido febrero 2022).

[52] P. Cutsinger. "Situational design". Media-Amazon. [https://m.media-amazon.com/images/G/01/mobile-apps/dex/alexa/alexa-skills-kit/guide/ASK\\_SituationalDesign-guide.\\_CB485840826\\_.pdf](https://m.media-amazon.com/images/G/01/mobile-apps/dex/alexa/alexa-skills-kit/guide/ASK_SituationalDesign-guide._CB485840826_.pdf) (accedido febrero 2022).

[53] Maggie. "Unir todos tus datos de diabetes, ¿realidad o ficción? -Repúblikadiabetes". RepúblicaDiabetes. <https://republikadiabetes.com/unir-datos-diabetes-realidad-o-ficcion/> (accedido febrero 2022).

[54] The Nightscout Project. "Welcome to nightscout - the nightscout project". Nightscout. <http://www.nightscout.info/> (accedido febrero 2022).

[55] BeyondType1. "Todo sobre el programa tidepool loop". Beyond Type 1. <https://es.beyondtype1.org/tidepool-loop/> (accedido febrero 2022).

[56] J. I. Hidalgo Pérez, "Data management system for diabetic patients", Trabajo de grado, Universidad Complutense Madrid, Madrid, 2020.

[57] SocialDiabetes. "Gestión integral para el control de la diabetes - SocialDiabetes". Integral management for diabetes control - SocialDiabetes. <https://www.socialdiabetes.com/es> (accedido febrero 2022).

[58] Glucoup. "Diabetes GluQUO". GLUCOUP! <https://glucoup.com/gluquo/> (accedido febrero 2022).

[59] One Drop. "One drop: The best in diabetes management". OneDrop official website. <https://onedrop.today/> (accedido febrero 2022).

[60] nBio. "Dual-Bolus | Grupo de investigación NBIO". Grupo de investigación NBIO | Neuroingeniería biomédica. Bioingeniería. <https://nbio.umh.es/dual-bolus/> (accedido febrero 2022).

[61] Accessdata fda. "GlucoWatch® G2 biographer". Accessdata fda. [https://www.accessdata.fda.gov/cdrh\\_docs/pdf/P990026S008b.pdf](https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf/P990026S008b.pdf) (accedido febrero 2022).

[62] R. M. Damas, P. Domínguez, L. Majuelos y M. Damas, "Avances en medición de glucosa: del glucómetro tradicional al sistema flash", *Dialnet*, vol. 41, n.º 402, pp. 360–363, 2017.

[63] M. Hood, R. Wilson, J. Corsica, L. Brandly, D. Chirinos and A. Vivo, "What do we know about mobile applications for diabetes self-management? A review of reviews", *Journal of Behavioral Medicine* volume, no. 6, pp. 981-994, 2016.

[64] A. Demidowich, K. Lu, R. Tamler and Z. Bloomgarden, "An evaluation of diabetes self-management applications for Android smartphones", *Journal of telemedicine and telecare*, no. 4, pp. 235-238, 2017

[65] A. Chung, A. Griffin, D. Selezneva and D. Gotz, "Health and Fitness Apps for Hands-Free Voice-Activated Assistants: Content Analysis", *JMIR mHealth and uHealth*. 24 september 2018, Toronto, Canada, p. 174, 2021.

[66] J. Youn and J. Huh-Yoo, "Designing Everyday Conversational Agents for Managing Health and Wellness: A Study of Alexa Skills Reviews", *Proceedings of the 14th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. pp. 50-61, 2020.

[67] Sanitaria dos mil, "La inteligencia artificial llega al hospital: "Alexa, avisa al médico", *Redacción Médica*, 2019. [Online]. Available: <https://www.redaccionmedica.com/secciones/tecnologia/la-inteligencia-artificial-llega-al-hospital-alexa-avisa-al-medico--4872>.

[68] B. Maharjan, J. Li, J. Kong and C. Tao, "Alexa, What Should I Eat? : A Personalized Virtual Nutrition Coach for Native American Diabetes Patients Using Amazon's Smart Speaker Technology," 2019 IEEE International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom), 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/HealthCom46333.2019.9009613.

[69] "And Our Winner is...Sugarpod by Wellpepper! - The Alexa Diabetes Challenge", *The Alexa Diabetes Challenge*, 2017. [Online]. Available: <http://www.alexadiabeteschallenge.com/winner-sugarpod-wellpepper/>.

[70] Healthnology. "Omron HeartGuide: Un reloj inteligente que mide la presión arterial - Healthnology NEWS". Healthnology NEWS. <https://www.healthnology.es/omron-heartguide-reloj-inteligente-mide-presion-arterial/> (accedido febrero 2022).

[71] O. Healthcare, "Alexa | Healthcare Wellness & Healthcare Products", *Healthcare Wellness & Healthcare Products*. [Online]. Available: <https://omronhealthcare.com/alexa/>.

[72] B. Service, "Brewster Ambulance customizes Alexa Voice Service for ambulances — Brewster Ambulance Service", Brewster Ambulance Service, 2019. [Online]. Available: <https://www.brewsterambulance.com/blog/brewster-ambulance-customizes-alexa-voice-service-for-ambulances>.

[73] Digital Guide Iones. "Runtime environment: ¿qué es un sistema en tiempo de ejecución?" Iones. <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/que-es-un-runtime-environment> (accedido febrero 2022).

[74] Kinsta Inc. "Qué es Node.js y por qué debería usarlo". Kinsta. <https://kinsta.com/es/base-de-conocimiento/que-es-node-js/> (accedido febrero 2022).

[75] Aws. "¿Qué amazon S3? - amazon simple storage service". Docs AWS Amazon. [https://docs.aws.amazon.com/es\\_es/AmazonS3/latest/userguide/Welcome.html](https://docs.aws.amazon.com/es_es/AmazonS3/latest/userguide/Welcome.html) (accedido febrero 2022).

[76] Firebase. "Cloud firestore". Firebase Documentation. <https://firebase.google.com/docs/firestore> (accedido febrero 2022).

[77] C. Dalla Man, R. A. Rizza and C. Cobelli, "Meal Simulation Model of the Glucose-Insulin System," in IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 54, no. 10, pp. 1740-1749, Oct. 2007, doi: 10.1109/TBME.2007.893506.

[78] C. Yoldi. "Las grasas y las proteínas también cuentan | Guía Diabetes tipo 1". Guía Diabetes tipo 1. <https://diabetes.sjdhospitalbarcelona.org/es/diabetes-tipo-1/consejos/grasas-proteinas-tambien-cuentan> (accedido febrero 2022).

[79] Barrio, R., Andia, V., Vázquez, F., Salgado, Y., Valverde, M., Jansa, M., Flores, M., 2012. Guía de educación terapéutica, al inicio de tratamiento con infusión subcutánea continua de insulina (ISCI). URL: <https://diabetesmadrid.org/>

[80] Tdtoolkit. "Dexcom G5 - diabetes tipo 1". Diabetes Tipo 1. <https://diabetestipo1.org/monitoreo-de-glucosa/dexcom-g5/> (accedido febrero 2022).

[81] Eurociencia. "Terapia de bomba de insulina". Eurociencia Venezuela. <https://www.eurociencia.com.ve/productos/terapia-bomba-insulina/> (accedido febrero 2022).

[82] FatSecret. "FatSecret España - contador de calorías y control de dieta para perder peso". FatSecret España. <https://www.fatsecret.es/calorias-nutricion/> (accedido febrero 2022).

[83] FatSecret. "FatSecret México - contador de calorías y control de dieta para perder peso". FatSecret México. <https://www.fatsecret.com.mx/calorias-nutricion/> (accedido febrero 2022).

[84] MyFitnessPal. "Contador de calorías, diario de dieta y ejercicios gratuitos". MyFitnessPal.com. <https://www.myfitnesspal.com/es/food/search> (accedido febrero de 2022).

[85] Grupo Investigación NBIO. Tutorial corto de la aplicación de Alexa Amazon Bolo Dual. (9 de noviembre de 2021). [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=mGj0fqwANIU>

[86] Grupo Investigación NBIO. Tutorial de la aplicación de Alexa Amazon Bolo Dual. (9 de noviembre de 2021). [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=jYzpQs7G8aw>

## 8. Anexos

### 8.1. Descripción general respecto a los controladores implementados.

Nombre	Descripción
1. <b>LaunchRequestHandler</b>	Este controlador viene implementado por defecto y es quien realiza el mensaje de bienvenido cuando el usuario activa la skill
2. <b>RegisterFoodIntentHandler</b>	Es el encargado de registrar todos los alimentos que el usuario desea analizar
3. <b>WorkSystemDefaultDataIntentHandler</b>	En el caso que el usuario decida registrar una comida compuesta con los datos por defecto, este controlador será quien solicite los datos del alimento a Cloud Firestore y registre esta información en la lista para ser analizada.
4. <b>RecordInformationForAnalysisIntentHandler</b>	Si el usuario desea registrar un alimento compuesto y en otra sesión ya había guardado los datos que contiene, este controlador le permitirá reutilizar esos datos para realizar el análisis.
5. <b>RegisterAsNormalFoodIntentHandler</b>	En el caso que el usuario registre un alimento compuesto y conozca la información de los macronutrientes, este controlador le permitirá guardar la información.
6. <b>CompoundFoodsIntentHandler</b>	Si el usuario quiere registrar una comida compuesta agregando cada uno de los alimentos que lo componen, este controlador será quien realice el registro de cada uno de los alimentos.
7. <b>RemoveFoodIntentHandler</b>	Este controlador será quien le permita al usuario eliminar alimentos registrados de la lista a analizar.
8. <b>FoodValidateIntentHandler</b>	Este controlador será quien le informe al usuario cuales son los alimentos que se encuentran en la lista a analizar.
9. <b>CalcRationIntentHandler</b>	Es el controlador que solicitará a la base de datos los macronutrientes de cada uno de los alimentos que se encuentran en la lista de registro. Una vez el controlador

<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
	<p>haya obtenido la información de cada alimento, le dirá al usuario la cantidad total de macronutrientes consumidos y le preguntará si desea conocer la cantidad de raciones consumidas.</p> <p>En caso que la información de algún alimento no se encuentre en el sistema, el controlador le dará la opción de registrar los datos del alimento o de realizar alguna corrección a la lista.</p>
<b>10. RegisterFoodInfoIntentHandler</b>	Este controlador permite guardar la información de un alimento en el caso que se esté realizando el cálculo total de macronutrientes consumidos y la información de este no exista.
<b>11. RegisterFoodNewIntentHandler</b>	Será el controlador que le permitirá al usuario guardar un nuevo alimento en Amazon S3.
<b>12. UpdateFoodNewIntentHandler</b>	Es el controlador que permite actualizar la información de un alimento que se encuentre en alguna de las bases de datos.
<b>13. RegisterFoodDataIntentHandler</b>	En el caso que el usuario conozca los macronutrientes consumidos, este controlador le permitirá guardar esa información y le dará la opción de calcular la cantidad de raciones que corresponden.
<b>14. CalcInsIntentHandler</b>	Es el controlador que le informará al usuario la cantidad de raciones consumidas y la configuración del bolo dual junto con el tiempo de administración. Además, toda la información del análisis la guardará en Amazon S3.
<b>15. InfoLatestDataAnalyzedIntentHandler</b>	Este controlador le hará saber al usuario la información respecto al último análisis realizado.
<b>16. IndividualInfoFoodIntentHandler</b>	En el caso que el usuario desee conocer los macronutrientes de cada alimento registrado en la lista, este controlador le dará esa información. Además, el controlador le dará la opción de poder realizar algún cambio de información en el caso que el usuario lo desee.
<b>17. HelpIntentHandler</b>	Es un controlador creado por defecto y es activado cada vez que el usuario solicita ayuda en el uso de la skill.
<b>18. CancelAndStopIntentHandler</b>	Este controlador también creado por defecto, permite cancelar o parar una petición realizada a la skill.



<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
<b>20. SessionEndedRequestHandler</b>	Es el controlador que notifica al sistema que se está cerrando la sesión de la skill.
<b>21. IntentReflectorHandler</b>	Es un controlador que viene con el sistema y permite repetir la respuesta dada al usuario anteriormente.
<b>22. ErrorHandler</b>	Es un controlador creado por defecto y se activa en el caso que la skill tenga un problema, ya sea por conexión a internet o algún problema con Alexa Amazon.

## 8.2. Resumen de documentación de pruebas

### 8.2.1. Pruebas unitarias

<b>Caso de prueba</b>	<b>Módulo de prueba (Intent - Controlador)</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Número de pruebas</b>
1.1	LaunchRequest - LaunchRequestHandler	El mensaje de bienvenida de la skill contenga una información general de que realiza la aplicación.	2
1.2	RegisterFoodIntent - RegisterFoodIntentHandler	Registra en los atributos de sesión el nombre del alimento mencionado por el usuario, ya sea genérico, compuesto o de marca junto con sus características.	21
1.3	FoodValidateIntent - foodValidateIntentHandler	Menciona al usuario los alimentos registrados hasta el momento en la sesión actual activada de la skill.	8
1.4	CorrectFoodIntent -	Si el usuario solicita realizar un cambio en la lista de alimentos registrados, se activará un Intent de confirmación para solicitar al usuario qué tipo de corrección desea realizar.	2
1.5	RemoveFoodIntent - RemoveFoodIntentHandler	Elimina el alimento mencionado por el usuario de la lista de alimentos registrada.	9
1.6	CalcRationIntent - CalcRationIntentHandler	Respecto a la lista de alimentos registrados y la información de cada alimento en la base de datos, se obtendrá la cantidad total de carbohidratos, grasas y proteínas consumidas.	14
1.7	CalcInsIntent - CalcInsIntentHandler	Realiza el cálculo de la cantidad de raciones totales consumidas junto con el porcentaje equivalente a bolo normal y bolo cuadrado con el tiempo de administración respecto a la cantidad total de macronutrientes consumidos. Además, se almacenará la información del análisis en Amazon S3.	18
1.8	RegisterFoodInfoIntent - RegisterFoodInfoIntentHandler	Guarda la información de un alimento mencionada por el usuario en Amazon S3, si el alimento no se encuentra registrado en ninguna de las bases de datos en el momento de realizar el análisis de la cantidad total de macronutrientes consumidos.	7

<b>Caso de prueba</b>	<b>Módulo de prueba (Intent - Controlador)</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Número de pruebas</b>
1.9	RegisterFoodDataIntent - RegisterFoodDataIntentHandler	Registra directamente los macronutrientes totales consumidos mencionados por el usuario en los atributos de sesión.	5
1.10	InfoLatestDataAnalyzedIntent - InfoLatestDataAnalyzedIntentHandler	Obtiene la información del último análisis realizado de Amazon S3, para ser informado al usuario.	6
1.11	CompoundFoodsIntent - CompoundFoodsIntentHandler	Se registra cada uno de los alimentos que componen un alimento compuesto en una lista de alimentos ubicada en los atributos de sesión.	9
1.12	ClearSessionAttributesIntent - ClearSessionAttributesIntentHandler	Por medio de los atributos de sesión se eliminará la información que se encuentra en Amazon S3.	2
1.13	RegisterAsNormalFoodIntent - RegisterAsNormalFoodIntentHandler	Registra directamente la información de un alimento compuesto en Amazon S3.	5
1.14	RecordInformationForAnalysisIntent - RecordInformationForAnalysisIntentHandler	Permite que el usuario utilice la información registrada en Amazon S3 para realizar el análisis de un alimento.	4
1.15	WorkSystemDefaultDataIntent - WorkSystemDefaultDataIntentHandler	Utiliza la información por defecto de una comida compuesta registrada en Cloud Firestore para realizar el análisis.	5
1.16	RegisterFoodNewIntent - RegisterFoodNewIntentHandler	Guarda un alimento junto con su información mencionada por el usuario en Amazon S3	4
1.17	UpdateFoodNewIntent - UpdateFoodNewIntentHandler	Cambia la información de un alimento registrado en Amazon S3 por una nueva información mencionada por el usuario.	5
1.18	KeepInformationMessageInfoIntent -	Activa un Intent de confirmación que mantiene la información de un alimento que el usuario desea actualizar.	4
1.19	IndividualInfoFoodIntent - IndividualInfoFoodIntentHandler	Menciona al usuario la cantidad de macronutrientes que contiene cada uno de los alimentos que fueron registrados.	7

## 8.2.2. Pruebas de integración

Caso de prueba	Módulo de prueba	Objetivo	Resultados esperados	Pruebas realizadas
2.1	FoodValidateIntent - foodValidateIntentHandler	Comprobar que los alimentos genéricos, compuestos y de marca registrados por el usuario se encuentren en la lista de registro de alimentos.	La lista de alimentos de la sesión actual contiene la información de todos los alimentos que fueron registrados por el usuario.	33
2.2	CalcRationIntent - CalcRationIntentHandler	Comprobar que la cantidad total de macronutrientes consumidos dados por la aplicación, corresponden a los alimentos registrados por el usuario.	La respuesta a la cantidad de carbohidratos, grasas y proteínas totales consumidos, son el equivalente a cada uno de los alimentos registrados junto con sus características.	10
2.3	CalcInsIntent - CalcInsIntentHandler	Comprobar que el resultado respecto a la cantidad total de raciones consumidos y su configuración del bolo dual, corresponda a la cantidad total de macronutrientes ingeridos.	La respuesta dada por la skill a la cantidad total de raciones consumidas y su configuración del bolo dual, sean equivalentes a la cantidad total de carbohidratos, grasas y proteínas de los alimentos registrados por el usuario.	6
2.4	InfoLatestDataAnalyzedIntent - InfoLatestDataAnalyzedIntentHandler	Comparar si la respuesta dada a la petición de información del último análisis realizado si corresponde a los datos del último análisis.	La cantidad total de macronutrientes y raciones consumidas, su configuración del bolo dual y la hora del tiempo de administración sean los mismos del último análisis realizado.	4
2.5	RegisterFoodNewIntent - RegisterFoodNewIntentHandler y UpdateFoodNewIntent - UpdateFoodNewIntentHandler	Comprobar que el análisis realizado por la aplicación utiliza la nueva información almacenada o actualizada por el usuario respecto a un alimento.	La respuesta a la cantidad de carbohidratos, grasas y proteínas totales consumidos, corresponden a la información de las bases de datos, teniendo en cuenta la información actualizada en Amazon S3.	6
2.6	IndividualInfoFoodIntent -	Comprobar que la cantidad de macronutrientes de cada	La respuesta a la cantidad de carbohidratos, grasas y	4

Caso de prueba	Módulo de prueba	Objetivo	Resultados esperados	Pruebas realizadas
	IndividualInfoFoodIntentHandler	alimento consumido, corresponden a los alimentos registrados por el usuario.	y proteínas consumidos en cada alimento, son el equivalente a los alimentos registrados junto con sus características.	

### 8.2.3. Pruebas de aceptación

Caso de prueba	Objetivo	Resultados esperados	Número de pruebas realizadas
3.1	Comparar los resultados de la aplicación de Android Dual Bolus respecto a la skill desarrollada	El resultado del total de raciones consumidas, junto con el porcentaje de bolo normal y bolo cuadrado con el tiempo de administración dado por la skill desarrollada, sea igual o similar a la respuesta de la aplicación Dual Bolus.	4
3.2	Comparar los resultados dados por la skill desarrollada respecto al cálculo a mano de las ecuaciones planteadas.	El resultado de la cantidad de macronutrientes consumidos y su equivalente a raciones de carbohidratos con el porcentaje de bolo normal y bolo cuadrado con el tiempo de administración, sea igual o similar a los resultados realizados a mano.	9

### 8.2.4. Pruebas de Usabilidad

Caso de prueba	Objetivo	Resultados esperados	Número de pruebas realizadas
4.1	Comprobar si el alimento genérico que desea registrar el usuario es reconocido por la skill y mirar si el registro es exitoso.	El nombre del alimento genérico registrado por el usuario sea reconocido por la Alexa Amazon y sea agregado correctamente en la lista de alimentos registrados de los atributos de sesión.	9

<b>Caso de prueba</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Número de pruebas realizadas</b>
4.2	Analizar si las características mencionadas por el usuario en el momento de realizar el registro de un alimento son detectadas por la skill.	Cada una de las características de un alimento mencionadas por el usuario en el momento de realizar el registro, sean detectadas por Alexa Amazon y sean almacenadas de manera correspondiente en las características del alimento en los atributos de sesión.	7
4.3	Verificar si el alimento con marca que desea registrar el usuario es reconocido por la skill y mirar si el registro es exitoso.	El nombre de la marca del alimento sea identificado por Alexa Amazon como el nombre de una empresa. Además, realizar el registro correcto del alimento y su marca en los atributos de sesión.	9
4.4	Comprobar si la lista de alimentos registrados fue actualizada correctamente en el momento de realizar una edición o eliminación.	La lista de alimentos se actualizará justo antes de que el usuario pueda realizar una nueva petición a la skill.	4
4.5	Verificar si el nuevo alimento que desea agregar el usuario a la base de datos es almacenado de manera satisfactoria.	El nuevo alimento se almacenará en la lista de alimentos registrados por el usuario en los atributos de sesión, para luego ser agregado en la base de datos personal, Amazon S3.	5
4.6	Analizar si el alimento que el usuario desea editar es actualizado de manera satisfactoria en la base de datos.	El alimento se actualizará en la lista de alimentos registrados por el usuario en los atributos de sesión, para luego ser actualizado en la base de datos personal, Amazon S3.	5

### 8.3. Diagrama de flujo







## 8.4. Archivos de la aplicación

### 8.4.1. Portion.js

```

module.exports = {
  'copa': {
    'gramos': {
      'muy grande': 450,
      'muy grandes': 450,
      'grande': 300,
      'grandes': 300,
      'normal': 170,
      'pequeño': 100,
      'pequeños': 100,
      'muy pequeño': 70,
      'muy pequeños': 70
    },
    'mililitros': {
      'muy grande': 170,
      'muy grandes': 170,
      'grande': 140,
      'grandes': 140,
      'normal': 100,
      'pequeño': 60,
      'pequeños': 60,
      'muy pequeño': 30,
      'muy pequeños': 30
    }
  },
  'copas': {
    'gramos': {
      'muy grande': 450,
      'muy grandes': 450,
      'grande': 300,
      'grandes': 300,
      'normal': 170,
      'pequeño': 100,
      'pequeños': 100,
      'muy pequeño': 70,
      'muy pequeños': 70
    },
    'mililitros': {
      'muy grande': 170,
      'muy grandes': 170,
      'grande': 140,
      'grandes': 140,
      'normal': 100,
      'pequeño': 60,
      'pequeños': 60,
      'muy pequeño': 30,
      'muy pequeños': 30
    }
  },
  'cuchara': {
    'gramos': {
      'muy grande': 30,
      'muy grandes': 30,
      'grande': 23,
      'grandes': 23,
      'normal': 16,
      'pequeño': 10,
      'pequeños': 10,
      'muy pequeño': 5,
      'muy pequeños': 5
    },
    'mililitros': {
      'muy grande': 25,
      'muy grandes': 25,
      'grande': 20,
      'grandes': 20,
      'normal': 15,
      'pequeño': 10,
      'pequeños': 10,
      'muy pequeño': 5,
      'muy pequeños': 5
    }
  },
  'plato': {
    'gramos': {
      'muy grande': 400,
      'muy grandes': 400,
      'grande': 300,
      'grandes': 300,
      'normal': 200,
      'pequeño': 100,
      'pequeños': 100,
      'muy pequeño': 50,
      'muy pequeños': 50
    },
    'mililitros': {
      'muy grande': 400,
      'muy grandes': 400,
      'grande': 350,
      'grandes': 350,
      'normal': 250,
      'pequeño': 150,
      'pequeños': 150,
      'muy pequeño': 5,
      'muy pequeños': 5
    }
  }
}

```

```

    'pequeños': 150,
    'muy pequeño': 100,
    'muy pequeños': 100
  }
},
'platos': {
  'gramos': {
    'muy grande': 400,
    'muy grandes': 400,
    'grande': 300,
    'grandes': 300,
    'normal': 200,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 400,
    'muy grandes': 400,
    'grande': 350,
    'grandes': 350,
    'normal': 250,
    'pequeño': 150,
    'pequeños': 150,
    'muy pequeño': 100,
    'muy pequeños': 100
  }
},
'taza': {
  'gramos': {
    'muy grande': 400,
    'muy grandes': 400,
    'grande': 300,
    'grandes': 300,
    'normal': 200,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 400,
    'muy grandes': 400,
    'grande': 350,
    'grandes': 350,
    'normal': 250,
    'pequeño': 150,
    'pequeños': 150,
    'muy pequeño': 100,
    'muy pequeños': 100
  }
},
'tazas': {
  'gramos': {
    'muy grande': 400,
    'muy grandes': 400,
    'grande': 300,
    'grandes': 300,
    'normal': 200,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {

```

```

    'muy grande': 400,
    'muy grandes': 400,
    'grande': 350,
    'grandes': 350,
    'normal': 250,
    'pequeño': 150,
    'pequeños': 150,
    'muy pequeño': 100,
    'muy pequeños': 100
  }
},
'bowl': {
  'gramos': {
    'muy grande': 500,
    'muy grandes': 500,
    'grande': 350,
    'grandes': 350,
    'normal': 250,
    'pequeño': 130,
    'pequeños': 130,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 400,
    'muy grandes': 400,
    'grande': 350,
    'grandes': 350,
    'normal': 250,
    'pequeño': 150,
    'pequeños': 150,
    'muy pequeño': 100,
    'muy pequeños': 100
  }
},
'bowls': {
  'gramos': {
    'muy grande': 500,
    'muy grandes': 500,
    'grande': 350,
    'grandes': 350,
    'normal': 250,
    'pequeño': 130,
    'pequeños': 130,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 400,
    'muy grandes': 400,
    'grande': 350,
    'grandes': 350,
    'normal': 250,
    'pequeño': 150,
    'pequeños': 150,
    'muy pequeño': 100,
    'muy pequeños': 100
  }
},
'trozo': {
  'gramos': {
    'muy grande': 250,
    'muy grandes': 250,
    'grande': 200,
    'grandes': 200,
    'normal': 150,

```

```

    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 250,
    'muy grandes': 250,
    'grande': 200,
    'grandes': 200,
    'normal': 150,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  }
},
'trozos': {
  'gramos': {
    'muy grande': 250,
    'muy grandes': 250,
    'grande': 200,
    'grandes': 200,
    'normal': 150,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 250,
    'muy grandes': 250,
    'grande': 200,
    'grandes': 200,
    'normal': 150,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  }
},
'cazuela': {
  'gramos': {
    'muy grande': 400,
    'muy grandes': 400,
    'grande': 300,
    'grandes': 300,
    'normal': 200,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 360,
    'muy grandes': 360,
    'grande': 300,
    'grandes': 300,
    'normal': 220,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 40,
    'muy pequeños': 40
  }
},
'cazuelas': {

```

```

  'gramos': {
    'muy grande': 400,
    'muy grandes': 400,
    'grande': 300,
    'grandes': 300,
    'normal': 200,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 360,
    'muy grandes': 360,
    'grande': 300,
    'grandes': 300,
    'normal': 220,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 40,
    'muy pequeños': 40
  }
},
'vaso': {
  'gramos': {
    'muy grande': 350,
    'muy grandes': 350,
    'grande': 270,
    'grandes': 270,
    'normal': 210,
    'pequeño': 110,
    'pequeños': 110,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 360,
    'muy grandes': 360,
    'grande': 300,
    'grandes': 300,
    'normal': 220,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 40,
    'muy pequeños': 40
  }
},
'vasos': {
  'gramos': {
    'muy grande': 350,
    'muy grandes': 350,
    'grande': 270,
    'grandes': 270,
    'normal': 210,
    'pequeño': 110,
    'pequeños': 110,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 360,
    'muy grandes': 360,
    'grande': 300,
    'grandes': 300,
    'normal': 220,
    'pequeño': 100,

```

```

    'pequeños': 100,

    'muy pequeño': 40,
    'muy pequeños': 40
  }
},
'porción': {
  'gramos': {
    'muy grande': 300,
    'muy grandes': 300,
    'grande': 230,
    'grandes': 230,
    'normal': 170,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 250,
    'muy grandes': 250,
    'grande': 200,
    'grandes': 200,
    'normal': 150,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  }
}
},
'porciones': {
  'gramos': {
    'muy grande': 300,
    'muy grandes': 300,
    'grande': 230,
    'grandes': 230,
    'normal': 170,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  },
  'mililitros': {
    'muy grande': 250,
    'muy grandes': 250,
    'grande': 200,
    'grandes': 200,
    'normal': 150,
    'pequeño': 100,
    'pequeños': 100,
    'muy pequeño': 50,
    'muy pequeños': 50
  }
}
}
}

```

## 8.5. Manual de usuario



## MANUAL DE APLICACIÓN BOLO DUAL ALEXA AMAZON

### Introducción

La aplicación Bolo Dual Alexa permite calcular las raciones de alimento consumido y la configuración del Bolo Dual, a partir de los macronutrientes ingeridos. Para su utilización se requiere de una cuenta de usuario Amazon, un dispositivo Amazon echo o un smartphone con la aplicación Amazon Alexa.

### Funcionamiento

Para iniciar, se solicita a Alexa abrir la aplicación Bolo Dual y se registran los alimentos consumidos, acompañado por la cantidad, recipiente, tamaño o marca, si se conoce. (Sugerencia: Registra uno a uno los alimentos consumidos). El sistema clasifica el alimento como compuesto (Ej: Paella) o normal (Ej: manzana):

- En caso de ser compuesto, se puede registrar cada elemento que lo compone (Ej: Arroz, pollo, tomate), además de la cantidad de carbohidratos, proteínas y grasas, si no se conoce, el sistema utilizará información por defecto.
- Cuando es identificado como normal, se registra la cantidad del alimento consumido.

Se puede consultar la lista de los alimentos ingresados para editar o eliminar alguno de éstos. Cuando se valida la información, el sistema determina el total de carbohidratos, proteínas y grasas consumidas. Si el usuario lo considera, puede cambiar la información de los macronutrientes de un alimento de la lista.

Una vez definida la información nutricional, se puede solicitar la información de las raciones consumidas, además de la composición y tiempo de los bolos requeridos.

El usuario puede preguntar sobre la información de la última comida analizada. Además, puede registrar los gramos de los macronutrientes de una comida, el sistema calculará e informará sobre las raciones.

Alexa	Usuario
<b>Bolo Dual Alexa</b>	
	Alexa, abre bolo dual
Bienvenido a tu calculadora de bolos duales de insulina, puedo registrar tu comida o decirte la información de la última ingesta analizada.	
	Registra mi alimento
¿Qué has comido?	
	Un plato grande de ensalada
Tengo entendido que este alimento está compuesto por otros. Dime si quieres indicar cada uno de los alimentos que lo componen, registrar la información de sus macronutrientes o trabajar con los datos por defecto.	
	Quiero indicar cada alimento
Indica uno a uno los alimentos que lo componen, solicitando agregar o añadir cada alimento. Cuando hayas terminado puedes solicitar la lista total de alimentos o registrar uno nuevo	
	Agrega tres tomates
Se agregó tres tomate como parte del alimento ensalada	
	Registra un chorizo marca Revilla
Se ha registrado chorizo marca Revilla, puedes ingresar otro alimento o solicitar la lista total de alimentos.	
	quiero oír la lista total de alimentos
Los alimentos registrados son. 1. un plato de ensalada grande, compuesto por: 3 tomate. 2. un chorizo marca Revilla. ¿La lista de alimentos es válida o desea realizar alguna corrección?	
	La lista es válida
La ingesta tiene 17 gramos de carbohidratos, 40 gramos de proteínas y 43 gramos de grasas. ¿Desea obtener la cantidad de raciones consumidas?	
	Si
La cantidad de raciones consumidas son 5, un 32 por ciento se debería ingresar como un bolo normal y 68 por ciento como un bolo cuadrado en 6 horas.	
	Alexa pide le ha bolo dual la información de mi última ingesta
La última ingesta se registró hace 2 minutos y contenía 17 gramos de carbohidratos, 40 gramos de proteínas y 43 gramos de grasa. Que corresponde a 5 raciones, donde el 32 por ciento se debió administrar como un bolo normal y el 68 por ciento como un bolo cuadrado en 6 horas	
	quiero registrar los datos de mi comida
¿Cuántos gramos de carbohidratos contiene el alimento?	80
¿Cuántos gramos de proteína contiene el alimento?	60
¿Cuántos gramos de grasa contiene el alimento?	40
La ingesta tiene 80 gramos de carbohidratos, 60 gramos de proteínas y 40 gramos de grasas. ¿Desea obtener la cantidad de raciones consumidas?	

## 8.6. Protocollo



## Instalación de Bolo Dual

Dentro de la aplicación de Alexa Amazon pulse el botón **Más** que encontraras en la parte inferior derecha de la pantalla, dirijase a la opción de **Skill y juegos** y en el buscador escriba calculadora de bolo. Seleccione la skill que tenga el logo de Bolo Dual, pulse el botón iniciar (en el caso de tener un dispositivo compatible con Alexa selecciónalo), ahora solo debe pedirle a Alexa que abra Bolo Dual.

## Funcionamiento

- **Usar skill Bolo Dual**  
Pedir a Alexa que abre la skill.
  - “Alexa, abre bolo dual”.
- **Registrar alimentos:**  
Los alimentos consumidos podrán ser registrados acompañados por la cantidad, recipiente, tamaño y/o marca, si se conocen. (Sugerencia: Registra uno a uno los alimentos consumidos).
  - “Registra un vaso grande de yogurt marca hacendado”.
 Una vez registrado el sistema detectara si es uno de los siguientes dos tipos:
  - **Alimento normal**
  - **Alimento compuesto**  
Son alimentos constituidos por otros como, por ejemplo: una ensalada o una hamburguesa.  
Si el alimento es detectado como compuesto Alexa brindara 3 opciones para ser registrado:
    - **Uso de datos por defecto**  
Registrar el alimento con datos por defecto.
      - “Quiero usar los datos por defecto”.
    - **Agregar alimentos que lo componen**  
Se podrán ir agregando uno a uno los alimentos que lo componen.
      - “Quiero agregar los alimentos que lo componen”.
      - Debe indicarse uno a uno los alimentos que lo componen, solicitando agregar o añadir cada alimento.
        - “Agrega un tomate”.
    - **Registrar datos del alimento**  
Se podrá registrar la información del alimento en el caso que esta se conozca.
      - “Quiero registrar la información de sus macronutrientes”.
- **Listar alimentos registrados**  
El usuario en cualquier momento puede solicitar la lista total de alimentos registrados.
  - “Quiero la lista total de alimentos”.
- **Editar alimentos registrados**  
El usuario puede editar la lista total de alimentos.
  - “Quiero hacer una corrección a la lista de alimentos”.
- **Eliminar alimentos registrados**  
El usuario puede eliminar alimentos de la lista haciendo la solicitud del alimento a eliminar igual a como fue registrado.
  - “Elimina un vaso grande de yogurt marca hacendado”.

■ Alexa ■ Usuario

Alexa, abre bolo dual  
Bienvenido a tu calculadora de bolos duales de insulina, puedo registrar tu comida o decirte la información de la última ingesta analizada.

Registre mi alimento  
¿Qué acabas de comer?

Un plato de arroz  
Se ha registrado 1 plato de arroz, puedes ingresar otro alimento o solicitar la lista total de alimentos.

Registra una ensalada  
Tengo entendido que este alimento está compuesto por otros. Dime si quieres indicar cada uno de los alimentos que lo componen, registrar la información de sus macronutrientes o trabajar con los datos por defecto.

Quiero usar los datos por defecto  
Se ha registrado 170 gramos de ensalada, que contiene 16 gramos de carbohidratos, 10 gramos de proteínas y 4 gramos de grasas. Puedes solicitar la lista total de alimentos o registrar uno nuevo

Quiero agregar los alimentos que lo componen  
Indica uno a uno los alimentos que lo componen, solicitando agregar o añadir cada alimento. Cuando hayas terminado puedes solicitar la lista total de alimentos o registrar uno nuevo

Agrega un tomate  
Se agregó 1 tomate como parte del alimento ensalada.

quiero registrar la información de sus macronutrientes  
¿La unidad de medida del alimento es en gramos o mililitros?

Gramos

¿Cuántos gramos contiene el alimento a ingresar?

Cien

¿Cuántos carbohidratos contiene el alimento?

Quince

¿Cuál es el número de proteínas del alimento?

Diez

¿Cuál es el número de grasas del alimento?

Cinco

Se registró y guardó la información del alimento ensalada con 100

quiero la lista total de alimentos  
Los alimentos registrados son. 1. un plato de arroz. 2. un ensalada.

¿La lista de alimentos es válida o desea realizar alguna corrección?

quiero hacer una corrección  
Si deseas registrar un nuevo alimento, puedes decirme el alimento que quieres registrar, si deseas eliminar un alimento, me puedes decir el alimento a eliminar junto con las características mencionadas a la hora de registrarlo.

elimina la ensalada

Se ha eliminado ensalada, puedes seguir editando la lista, oír la lista total de alimentos o dar por válida la lista registrada.



- Obtener información de los macronutrientes de la ingesta**  
 Una vez validada la información de la lista total de alimentos se escuchará el total de carbohidratos, grasas y proteínas consumidas.
  - “La lista de alimentos es válida”.
- Información individual de los macronutrientes de la ingesta**  
 El usuario puede solicitar información individual de los macronutrientes de cada uno de los alimentos de la lista.
  - “Quiero conocer la información individual de los alimentos registrados”.
- Editar información de un alimento**  
 Si el usuario lo considera, puede cambiar la información de los macronutrientes de un alimento de la lista.
  - “Quiero cambiar la información de un alimento”.
- Raciones consumidas**  
 Una vez definida la información nutricional se podrá acceder a la información de raciones consumidas, además de la composición y tiempo de los bolos requeridos.
- Información de última ingesta analizada**  
 Se podrá preguntar sobre la información de la última ingesta analizada.
  - “Quiero saber la información de la última ingesta analizada”.
- Registrar directamente la información de la ingesta**  
 En el caso de conocer los macronutrientes consumidos se podrá registrar directamente la información de la ingesta.
  - “Quiero registrar los datos de mi ingesta”.

#### Preguntas frecuentes

- ¿Por qué Alexa no detecto el nombre de mi alimento o detecta la cantidad de porciones como parte del nombre de mi alimento?
  - Esto pasa cuando se realiza el registro de un alimento que es desconocido para el Alexa, como en la mayoría de los casos, alimentos con nombre extranjero.
  - ✓ Para solucionar esto tienes la opción de registrar la información del alimento así: “Quiero guardar un alimento” o “almacena mi alimento” y luego podrás registrar los carbohidratos, grasas y proteínas.
- ¿Por qué Alexa no pudo obtener información mi alimento registrado?
  - Esto suele ocurrir por dos cosas, la primera es que se registró toda la ingesta directamente, como por ejemplo “Registra un plato de cereales con leche y fresas” o segunda, el alimento registrado no se encuentra en la base de datos.
  - ✓ En el caso de haber presentado la primera opción se sugiere registrar uno a uno los alimentos consumidos, como por ejemplo: “registra un plato de cereales”, “registra leche” y “registra 10 fresas”, si tu problema es el caso dos podrás registrar la información del alimento así: “Quiero guardar un alimento” o “almacena mi alimento”.

quiero oír la lista total de alimentos  
 Los alimentos registrados son: 1. un plato de arroz. ¿La lista de alimentos es válida o desea realizar alguna corrección?

Es válida  
 La ingesta tiene 57 gramos de carbohidratos, 5 gramos de proteínas y 0 gramos de grasas. ¿Desea obtener la cantidad de raciones consumidas?

Para el siguiente paso se registró un jugo de mora.  
 La ingesta tiene 74 gramos de carbohidratos, 5 gramos de proteínas y 2 gramos de grasas. ¿Desea obtener la cantidad de raciones consumidas?

quiero saber la información individual de los alimentos  
 Los alimentos registrados son: 1. arroz con 57 gramos de carbohidratos, 5 gramos de proteínas y 0 gramos de grasas, 2. jugo de mora con 17 gramos de carbohidratos, 1 gramos de proteínas y 1 gramos de grasas. Si lo deseas puedes cambiar la información de un alimento o conocer la cantidad de raciones consumidas respecto a esta información

quiero cambiar la información de un alimento  
 ¿Cuál es el nombre del alimento?

jugo de mora  
 ¿Cuál es la unidad del alimento, gramos o mililitros?

Mililitros  
 ¿Cuántos mililitros contiene el alimento?

Cien  
 ¿Cuántos carbohidratos tiene el alimento?

Doce  
 ¿Cuántas proteínas tiene el alimento?

Nueve  
 ¿Cuántas grasas tiene el alimento?

Dos  
 Los datos fueron registrados correctamente.

¿Desea obtener la cantidad de raciones consumidas?

Si  
 La cantidad de raciones consumidas son 12, un 87 por ciento se debería ingresar como un bolo normal y 13 por ciento como un bolo cuadrado en 4 horas

quiero saber la información de mi última ingesta analizada  
 La última ingesta se registró hace 53 minutos y contenía 103 gramos de carbohidratos, 40 gramos de proteínas y 8 gramos de grasa. Que corresponde a 12 raciones, donde el 87 por ciento se debió administrar como un bolo normal y el 13 por ciento como un bolo cuadrado en 4 horas

quiero registrar directamente la información de mi ingesta  
 ¿Cuántos gramos de carbohidratos contiene el alimento?

120  
 ¿Cuántos gramos de proteína contiene el alimento?

80  
 ¿Cuántos gramos de grasa contiene el alimento?

20  
 La ingesta tiene 120 gramos de carbohidratos, 80 gramos de proteínas y 20 gramos de grasas. ¿Desea obtener la cantidad de raciones consumidas?



## 8.7. Publicación

#1043: VOICE-BASED AI-POWERED BOLUS CALCULATOR

<https://cpaper.ctimeetingtech.com/attd2022/submission/preview/print?pu...>

Abstract 1043

VOICE-BASED AI-POWERED BOLUS CALCULATOR

Type: Late Breaking Abstract Submission

Topic: AS06-Informatics in the Service of Medicine; Telemedicine, Software and other Technologies

Authors: J. Solarte Orozco<sup>1</sup>, J. Manrique Cordoba<sup>2</sup>, Ó. Vivas<sup>1</sup>, J. Romero Ante<sup>2</sup>, J. Sabater Navarro<sup>2</sup>; <sup>1</sup>Universidad del Cauca, AI Group, Popayán, Colombia, <sup>2</sup>Miguel Hernandez University, Biomedical Neuroengineering Research Group, Elche, Spain

### Background and Aims

Bolus calculations require information about the amount of carbohydrates, fats, and proteins in each meal, which can be difficult to estimate when it's not possible to weigh the food prior intake, or the patient does not know all the components to a specific meal; visually impaired diabetic patients find an additional disadvantage when interacting with bolus calculators as most of them are immersed in mobile devices.

### Methods

A Bolus Calculator (BC) was implemented in a voice-based AI-powered digital assistant, which included a personalized food data base, the assistant suggests the number of macronutrients from the meal description and calculates the optimal kind of bolus according to the FPU and the Warsaw Method. Three T1D patients were asked to estimate the macronutrients and kind of bolus for four different meals and then they were asked to get the estimation of the same meals from the digital assistant, estimations made by the patients and the digital assistant were compared.

### Results


The estimations suggested by the digital assistant were equal to the patient's estimations when the meal corresponded to a single type of food; variations were presented ( $\approx 10.75\%$ ) when the intake included 2+ different types of food.

### Conclusions

Our BC provides a preliminary accurate estimation of the macronutrients and kind of bolus, according to an estimation made by T1D patients, as the data base can be modified for each patient meal information, the calculations accuracy will improve over time. Visually impaired diabetic patients could interact with a natural language interface, providing an advantage over conventional BC.

Print


## 8.8. Poster



**ATTP**  
Advanced Technologies  
& Treatments for Diabetes


**VOICE-BASED AI-POWERED BOLUS CALCULATOR**

**J. Solarte Orozco, J. Manrique Cordoba, O. Vivas, J. Romero Ante, J. Sabater Navarro**  
*Universidad del Cauca, Al Group, Popayán, Colombia, Miguel Hernandez University of Elche, Biomedical Neuroengineering Research Group, Elche, Spain*





**UNIVERSITATIS**  
Miguel Hernández

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**



*"a small plate of asparagus and small portion of ..."*


Fats/Proteins (grams)

Kilocalories


Fat – Protein Unit

Equivalent carbohydrates


11,5 gr  
Equivalent Carbs  
189 minutes




1. Request




4. Response




2.



3.



4.



4.

**General database: Cloud Firestore**

*Database*

- Branded foods
- Generic foods
- Combined foods
- Beverages
- General names

**User database: Amazon S3**

- New foods – nonexistent in general database
- Vary and save existent foods information
- Save last meal registered information

User	Carb Ratio Estimation				
	White Rice	Mixed plate	Seafood rice	Fish	
Patient 1	6	6	14	13	4
Patient 2	6	5	14	12	4

Abstract: #LB024

Contact email: [jmanrique@umh.es](mailto:jmanrique@umh.es) [ritadiab.umh.es](mailto:ritadiab.umh.es)

