

Automated Menu Recommendation System Focused on Clinical Nutrition

D. Rubilar¹ and A. Aguilera²

Abstract— The nutritional status of a person describes its situation with respect to the intake and physiological adaptation after the consumption of nutrients. Having a good nutritional status is crucial in both prevention and treatment of diseases, in order to reach a good quality of life. The process of elaborating and providing nutritional minutes (menus) to patients, is a task that a nutritionist usually performs manually for each one of his patients. Currently, the use of computer platforms has taken increasing prominence in the area of health. The case of Chile is not an exception, since information systems have been designed to support the correct and fair administration of health of the population. The adoption of programs and guidelines in this regard are parts of government policy as evidenced by programs such as "Healthy Living Choose" and "Healthy Life" of the Ministry of Health, among others. This paper proposes the implementation of a web application with the integration of knowledge on nutrition modelled from a knowledge base being the basis of the recommendation system. This application serves as a tool to support and aid to nutritionists making effectively their work when generating the nutritional minutes considering multiple factors in decision making. Methodologies of systems development and knowledge engineering were used. The system is implemented and tests of components, integration and acceptance have been successfully executed.

Keywords— Web recommendation system, knowledge base, clinical nutrition, nutritional minutes.

I. INTRODUCCIÓN

LA nutrición clínica [1] es una disciplina que se enfoca en la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades tanto agudas como crónicas que son causadas por la malnutrición [2]. Es importante destacar que el término de malnutrición no solo abarca a estados de sobrepeso y obesidad, sino que también hace referencias a otros grupos como la desnutrición y patologías relacionadas con alimentación. Respecto al caso particular de Chile, según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el 34,4% de la población chilena mayor de 15 años presenta altos índices de obesidad, lo que continúan en aumento, ya que en 2016 Chile ocupaba el octavo puesto entre los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) con un 25,1% [3]. Esto es preocupante debido a que al menos 13 tipos de cáncer se asocian a la obesidad, lo cual componen el

40% de todos los tipos de cáncer diagnosticados. En Chile, 1 de cada 4 muertes es causada por tumores por lo que fallecen alrededor de 26 mil personas al año. Además, según la asociación de isapres de Chile (AICH) el cáncer es la segunda causa de muerte en Chile después de las enfermedades cardiovasculares [4]. Estas son algunas de las patologías abordadas por la nutrición clínica, ya sea para seguir el tratamiento alimenticio respectivo de una enfermedad o para su prevención.

El propósito del estudio de la nutrición es explicar la respuesta metabólica y fisiológica del cuerpo ante la dieta que se lleva a cabo, el objetivo en la nutrición clínica es el mismo, con la salvedad que se dirige el enfoque a estudiar los cambios metabólicos y nutricionales en enfermedades (agudas o crónicas) causadas por un exceso o falta de energía. El proceso para generar una minuta nutricional enfocada en las condiciones que se encuentra un paciente, involucra distintos factores, entre los cuales se destacan las patologías que tiene el paciente, la tolerancia a los alimentos, la evaluación nutricional antropométrica, su perfil, edad, sexo, entre otros. Respecto a la evaluación antropométrica, ésta hace referencia al conjunto de mediciones corporales con el que se consigue la noción del nivel y estado nutricional en la cual se encuentra un paciente.

El impacto de la nutrición en la calidad de vida de las personas es muy alto, en consecuencia, los especialistas en el área de nutrición clínica tienen la gran responsabilidad de guiar correctamente la alimentación de los pacientes. Este trabajo busca contribuir con los especialistas al reducir sus tiempos de trabajo, lo que provocaría un impacto en el ámbito económico al optimizar los tiempos de trabajo. Otra importancia significativa que se le atribuye a este trabajo es su consonancia con los objetivos de instituciones que tienen como enfoque mejorar la calidad de vida de las personas, como lo es, por ejemplo, el caso del actual programa del ministerio de salud (MINSAL), *Elige Vivir Sano* [5]. En este programa muchas de las causas que atienden y dan soporte se relacionan directamente con el área de la nutrición clínica. De este modo el presente trabajo sería un aporte al objetivo principal del programa impulsado en el plan de gobierno. Respecto al área tecnológica, los avances actuales permiten dotar a las aplicaciones de cierta inteligencia para constituirse en verdaderas herramientas de apoyo a la toma de decisiones. Este trabajo integra no solo la gestión adecuada de la información en el contexto de estudio sino también la posibilidad de ofrecer recomendaciones inteligentes basadas en una serie de factores que influyen directamente en la selección de la minuta para una persona particular como lo es: peso, edad, sexo, antecedentes médicos, antecedentes patobiográficos, medidas antropométricas, preferencias de usuario y características regionales y culturales.

¹ D. Rubilar es estudiante del último semestre de la Escuela de Ingeniería Civil Informática, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile (email: dagoberto.rubilar@alumnos.uv.cl)

² A. Aguilera es académica de la Escuela de Ingeniería Civil Informática, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile (email: ana.aguilera@uv.cl)

El objetivo general de este trabajo, es desarrollar una aplicación web que funcione como sistema de recomendación de minutas nutricionales para especialistas. Mientras que los objetivos específicos son: Advertir el estado nutricional de un paciente en base a la evaluación nutricional antropométrica, sugerir una minuta factible para cada caso que involucre nutrición clínica en pacientes, y finalmente, comparar fichas de un paciente en distintas instancias de tiempo para observar la evolución de su estado.

La recomendación de minutas nutricionales servirá como una herramienta de apoyo a nutricionistas, con el propósito de agilizar la toma de decisiones al momento de conformar la dieta de un paciente que necesiten tratar o incluso prevenir algún tipo de enfermedad. Dado que no todas las condiciones patológicas que tiene un paciente sigue un mismo accionar, se necesita que cada minuta esté focalizada en las condiciones y objetivos del paciente. Además, la evaluación nutricional antropométrica proporciona el estado nutricional del paciente, lo que viene siendo un factor crítico a considerar en la conformación de una minuta nutricional específica a un paciente determinado.

La estructura del artículo se compone de varias secciones. La sección II aborda los trabajos relacionados con las plataformas informáticas donde se explican las características de éstas y el aporte o distinción que tiene el presente trabajo. La sección III explica los métodos utilizados en el trabajo, donde se integrarán los conocimientos de nutrición e ingeniería necesarios para abordar el problema y darle una solución. La sección IV muestra el diseño del prototipo de la aplicación donde se explican las principales interfaces y las tecnologías utilizadas. La sección V define el plan de pruebas que se está siguiendo para las distintas validaciones de la aplicación.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Existe un importante interés de la comunidad científica en este tema de nutrición, que constituye un problema multifactorial y de salud pública. La tecnología ha hecho su aporte en esta área, notablemente en los sistemas de recomendación nutricional, enfocados principalmente en la estimación de la cantidad de comida, reconocimiento de instrucciones de cocción, ingredientes y categorías de alimentos [6], [7]. Las aplicaciones son múltiples y deben ser personalizadas y orientadas a un objetivo particular como lo es el caso de nutrición para deportistas, nutrición clínica, estética, entretenimiento [8], [21] entre otras. Las preferencias de los pacientes es otro factor considerado [18] y basado en cuestionarios [19].

Se realizó un estudio de algunas plataformas, encontrando algunas características que se describen a continuación. Programa dial [9] enfocado para ser usado por nutricionistas donde se prioriza el conocimiento de la composición nutricional de los platos de una minuta nutricional. Dietopro [10] es una aplicación web desarrollada para nutricionistas y pacientes que proporciona un registro para los usuarios además de gestionar los alimentos y preparaciones que se incluirán en las minutas nutricionales. Éste permite además, almacenar las evaluaciones nutricionales realizadas por los

especialistas y generar informes del estado del paciente. Nutrisol [11] es un programa para nutricionistas que permite gestionar alimentos y preparaciones, administrar los pacientes atendidos y generar informes sobre su estado, también el programa ofrece minutas estándares para ciertas patologías, entre ellas destacan obesidad, diabetes y hepatitis. El sistema de evaluación nutricional y asignación de menús a minutas descrito en [12] está diseñado para nutricionistas y permite gestionar alimentos y preparaciones, así como también, administrar pacientes, almacenar las evaluaciones nutricionales y generar recomendaciones de minutas con el foco de reducción de costos de alimentos. El prototipo para el desarrollo de una aplicación web móvil de ayuda al tratamiento nutricional o dietético [13] está diseñado para nutricionistas e informa sobre el estado nutricional de los pacientes en base a árboles de decisión. El sistema de recomendación en línea para asesoramiento nutricional personalizado [14] es una aplicación web diseñada para pacientes cuyo foco es mejorar su ingesta alimenticia teniendo en consideración sus preferencias. También integra un sistema inteligente para el asesoramiento nutricional personalizado, donde al informar la ingesta del paciente el sistema lleva un conteo de nutrientes y dependiendo de la puntuación se deriva una recomendación nutricional.

A pesar de la variedad de aplicaciones no se encontró un sistema que cumpla con todos los objetivos planteados en el presente trabajo, particularmente el de recomendación de minutas nutricionales en nutrición clínica. El no haber logrado encontrar plataformas que cubran el total de los criterios establecidos, hace que este trabajo tenga argumentos de motivación para su realización, adaptados además a una realidad geográfica y cultural.

III. MÉTODOS

Este trabajo integra de manera coordinada la metodología de desarrollo de aplicaciones y los métodos de la ingeniería de conocimiento, descrito a continuación.

A. Ingeniería del conocimiento

Ya que la tarea de obtención del conocimiento requiere mucho tiempo y validación, se deben identificar etapas que dividan su desarrollo abordándolas sistemáticamente. Las etapas incluyen 1) identificación del problema focalizando el sujeto o materia de estudio; 2) contextualización detallada de los elementos básicos y sus relaciones; 3) representación e implementación concreta del conocimiento adquirido respecto a las estrategias de resolución que se necesitan.

1. Acotación del problema identificado

El conocimiento y razonamiento en nutrición clínica se deben representar en el dominio del sistema para ser usados en la construcción de la minuta nutricional. Para esto se crea una base de conocimiento [15] que permite representar la experticia del conocimiento extraído de expertos en el dominio. Como instrumento para este fin, se realizaron reuniones presenciales con nutricionistas donde se abordaron los puntos necesarios sobre la creación de una minuta nutricional. El primer paso fue acotar el universo de patologías, caracterizando las menos y las más frecuentemente

atendidas. Para el propósito de este trabajo se abordarán las de uso más frecuente, categorizadas a su vez en 2 grandes grupos:

- Enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT).
- Enfermedades Autoinmunes.

Posteriormente se identificaron las patologías asociadas a cada grupo y los tipos de dietas que especifican los grupos alimenticios que se tienen permitido consumir y los que se tienen que evitar. Los tipos de dieta incluyen:

- Dieta antiinflamatoria.
- Dieta Autoinmune.
- Dieta antialérgica.

2. Contextualización

La base de conocimiento se modeló con árboles de decisión [16], donde se partió desglosando los grupos de patologías abordadas (ECNT y las enfermedades autoinmunes). Dentro de estos grupos de enfermedades se categorizaron una variedad de patologías que fueron consideradas por los expertos. Cada una de las patologías autoinmunes apuntan a ser tratadas por los tipos de dietas definidos, las cuales también forman parte de la base de conocimiento del sistema. Estos tipos de dietas tienen el objetivo de informar los tipos de alimentos que se tienen que considerar al momento de consumir o evitar respecto a una patología. La figura 1 muestra la clasificación de las patologías autoinmunes respecto a los tipos de dietas definidos con anterioridad. Así, por ejemplo, la fibromialgia requiere una dieta antiinflamatoria; lupus, artritis reumatoide, etc. una dieta autoinmune; y celiaquía y alergias alimentarias una dieta antialérgica. A su vez, cada tipo de dieta indica cuáles son los tipos de alimentos que se pueden consumir y que además ayudan en el tratamiento y/o prevención de patologías. La figura 2 muestra los tipos de alimentos permitidos por cada tipo de dieta abordado. Por ejemplo, una dieta autoinmune tiene permitido el consumo de carnes blancas, verduras y hortalizas, grasas saludables, etc. Adicionalmente, los tipos de dietas evidencian los tipos de alimentos que se deben evitar consumir ya que afectan de manera negativa el tratamiento y/o prevención de las patologías que aborda cada tipo de dieta (figura 3). Por ejemplo, para el caso de la dieta autoinmune se deben evitar huevos, gluten, maíz, soya, etc.

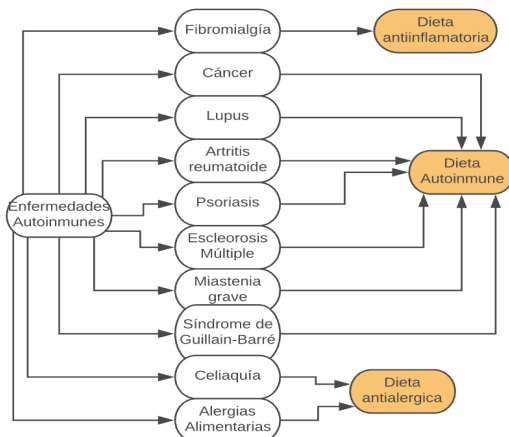


Fig. 1. Tipos de dietas en enfermedades autoinmunes.

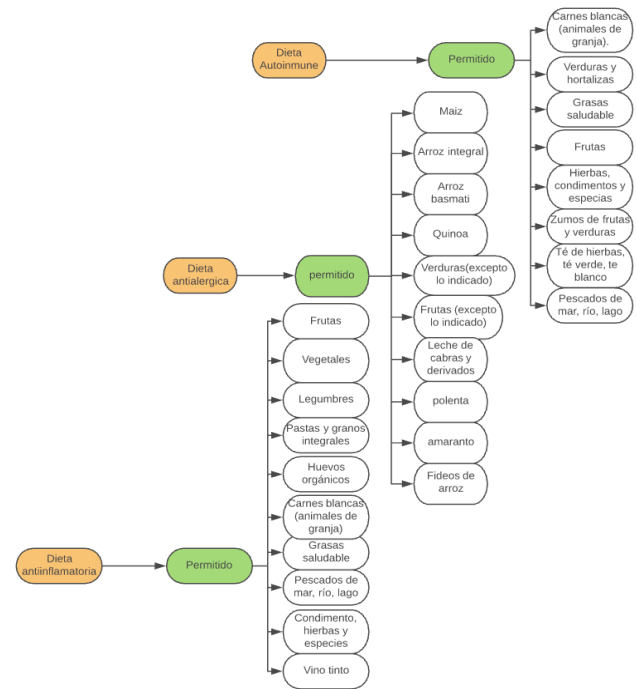


Fig. 2. Tipo alimentos permitidos respecto a tipos de dietas.

Por otra parte, ECNT no están sujetas a un tipo de dieta, pero si tienen tipos de alimentos en común para el consumo permitido. La figura 4 muestra los alimentos que se pueden consumir para cada ECNT. Por ejemplo, una dieta común puede contener semillas, legumbres, verduras, etc. Y en el caso particular de HTA se permite la sal de mar o del Himalaya. De igual manera, las ECNT tienen tipos de alimentos en común los cuales no se permite su ingesta. La figura 5 muestra los tipos de alimentos que no pueden consumir las personas que padecen alguna de las ECNT abordadas, indicando los tipos de alimentos en común como los específicos de cada patología (ejemplo, una ECNT con HTA debe evitar la sal refinada y aderezos).

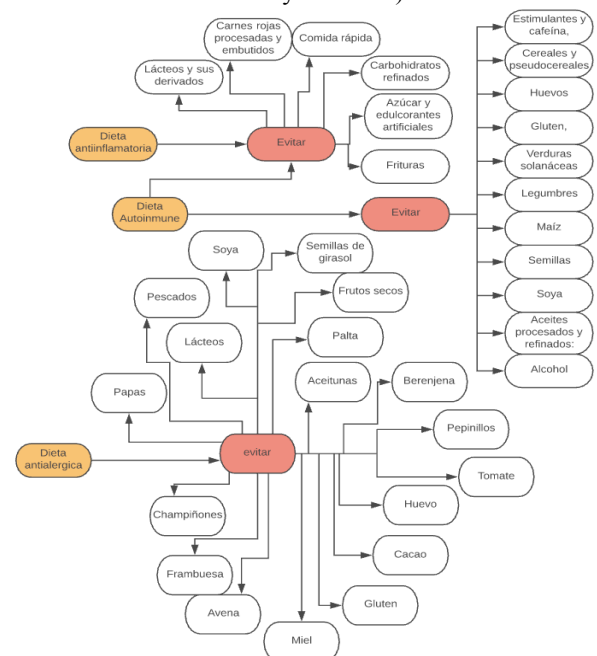


Fig. 3. Tipo de alimentos a evitar respecto a tipos de dietas.

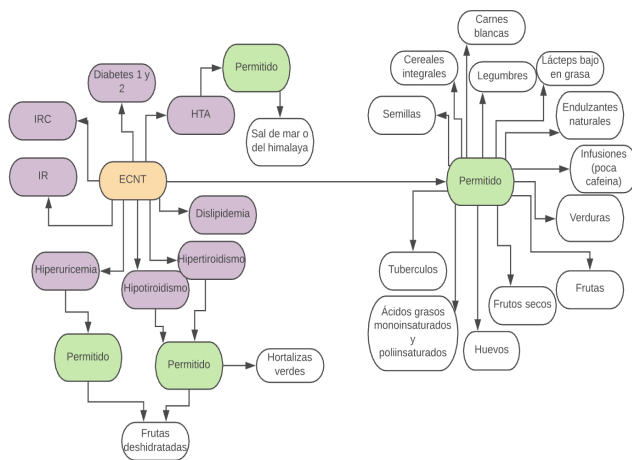


Fig. 4. Tipo alimentos permitidos ECNT

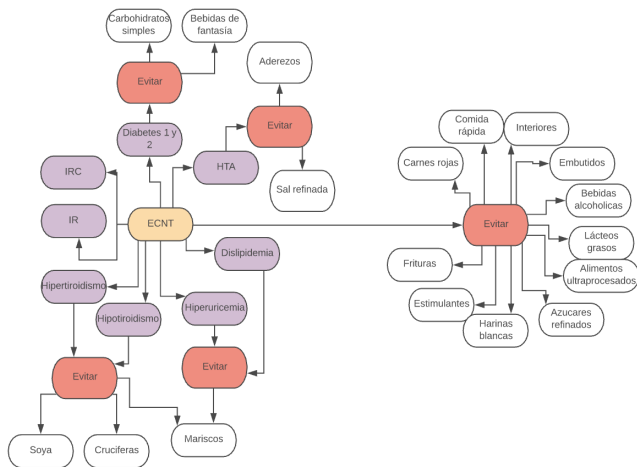


Fig. 5. Tipo alimentos a evitar ECNT

Por otra parte, el estado nutricional de los pacientes es otro factor fundamental para determinar las preparaciones de alimentos que se considerarán en los tiempos de comida de cada minuta nutricional. Estos datos también fueron aportados por los especialistas y modelados en la base de conocimiento del sistema. Uno de los datos más relevante que se considera en el estado nutricional de un paciente, es el porcentaje de grasa corporal que tiene. Sin embargo, los estándares mundiales de grasa corporal no se ajustan a la realidad en Chile, lo que llevaría a recomendar minutas nutricionales con porciones de comidas inconsecuente a las condiciones de los pacientes. Debido a esto, se trabajó junto a los especialistas en adaptar estos valores a números razonables, para que así el sistema logre recomendar minutas nutricionales compatibles. Las tablas 1 y 2 muestran la clasificación del estado nutricional de hombres y mujeres respecto a rangos etarios y de porcentaje de grasa.

Para el caso de mujeres mayores a 45 años y hombres mayores a 60 años, si su porcentaje de grasa está entre el rango de 30-35% su estado nutricional hace referencia a un estado promedio.

TABLA 1

EVALUACIÓN PARA MUJERES CHILENAS (% DE GRASA)

EDAD	ADECUADO	PROMEDIO	SOBREPESO	OBESIDAD
18-25	<17%	17-20%	21-25%	>25%
25-30	<19%	19-22%	23-27%	>27%
30-35	<21%	21-24%	25-29%	>29%
35-40	<23%	23-26%	27-31%	>31%
40-45	<25%	25-28%	29-33%	>33%

TABLA 2

EVALUACIÓN PARA HOMBRES CHILENOS (% DE GRASA)

EDAD	ADECUADO	PROMEDIO	SOBREPESO	OBESIDAD
18-25	<15%	15-20%	21-25%	>25%
25-30	<17%	17-22%	23-27%	>27%
30-35	<19%	19-24%	25-29%	>29%
35-40	<21%	21-26%	27-31%	>31%
40-45	<23%	23-28%	29-33%	>33%
45-60	<25%	25-30%	31-35%	>35%

3. Implementación de árboles de decisión

Los árboles de decisión descritos con anterioridad son el pilar de funcionamiento de la base de conocimiento de este trabajo. Un factor importante a considerar, es que las reglas a generar a partir de los árboles de decisión definidos están expuestas a modificaciones respecto a los criterios de inclusión y/o exclusión de tipos de alimentos, en consecuencia, se decidió realizar la implementación de los árboles de decisión como tablas (una tabla de inclusión y otra de exclusión de alimentos) dentro de la base de datos, esto para que las modificaciones que se realizarán en el transcurso del tiempo se realicen de una manera simple, además de colaborar con la escalabilidad de la aplicación final. Por otra parte, el motor de inferencia es el encargado de recopilar los datos para producir el conocimiento necesario. El funcionamiento del motor de inferencia se basa en la técnica razonamiento forward chaining (encadenamiento hacia adelante) [17], esta técnica tiene el objetivo de generar datos (o conclusiones) a partir de otros datos generando antecedentes y consecuentes evaluando las reglas de inferencia definidas. En el caso de este trabajo, el consecuente final que busca el motor de inferencia son las preparaciones que se recomendarán para las condiciones de un paciente. La figura 6 muestra el proceso adaptado de forward chaining al domino que se está abarcando, donde se refleja que, a partir de la evaluación antropométrica, el sexo y edad de un paciente (antecedentes) se concluye cuál es su estado nutricional (consecuente). Por otra parte, las patologías asociadas y los tipos de alimentos (antecedentes) concluyen los alimentos permitidos y restringidos en cada ocasión específica (consecuentes). Finalmente, los consecuentes obtenidos son nuevos antecedentes en la siguiente iteración, por lo que el estado nutricional, los alimentos permitidos y restringidos (nuevos antecedentes) concluyen las preparaciones recomendadas para un paciente (consecuente final).

B. Metodología de desarrollo

Para el presente trabajo se utilizó una metodología de desarrollo en cascada la cual se caracteriza por tener un flujo secuencial en el desarrollo de un producto desde su inicio hasta el final de las etapas que deben ser realizadas.

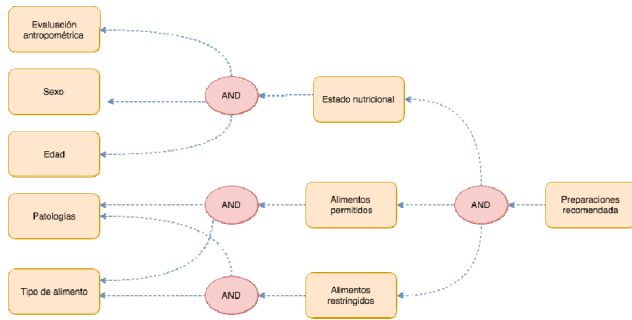


Fig. 6. Proceso para obtención de preparaciones.

Esta metodología promueve un proceso de trabajo efectivo en donde se define antes que diseñar, y se diseña antes de codificar. Esto se adecúa a este trabajo ya que el mismo requiere una gran recopilación de información sobre nutrición clínica antes de realizar algún diseño o un prototipo funcional. Además, los módulos con los que cuenta la aplicación tienen una fuerte dependencia entre ellos para lograr el objetivo de conformar una minuta nutricional.

IV. DISEÑO DE LA APLICACIÓN

La aplicación considera 3 perfiles de usuario: el nutricionista, el paciente y el administrador. El rol de paciente es netamente informativo y el paciente puede recuperar su minuta y gráficos de evolución. El rol de administrador tiene las funcionalidades de crear, activar y desactivar las cuentas de los nutricionistas, así como mantenimiento general del sistema. El rol de nutricionista gestiona lo referente a los pacientes, su estado nutricional y patológico y todo lo asociado a la conformación de las minutas. A continuación, se detallan algunos de los elementos desarrollados.

A. Diseño de interfaz

Con el objetivo de ofrecer una aplicación para administrar los pacientes atendidos por un nutricionista y agilizar el proceso de evaluación y la creación de sus minutas nutricionales, se diseñó una aplicación que gestiona convenientemente los datos de los pacientes. En la figura 7 muestra el listado de los pacientes atendidos por un nutricionista y las distintas acciones a realizar dentro de la aplicación.

Paciente	Fecha clínica	Patologías	Evaluaciones	Reportes	Minutas	Opciones
Alicia Contreras	01/01/2019	0	0	0	0	Ver
Bartolomé López	01/01/2019	0	0	0	0	Ver
Diego Roberto Ruiz	01/01/2019	0	0	0	0	Ver
Daniel López	01/01/2019	0	0	0	0	Ver
José Segura	01/01/2019	0	0	0	0	Ver
Juan Pérez	01/01/2019	0	0	0	0	Ver
Regina Vial	01/01/2019	0	0	0	0	Ver

Fig. 7. Listado de pacientes asociados a un usuario(nutricionista).

Como una herramienta de apoyo a la representación de la evolución de un paciente, la aplicación ofrece 4 gráficos que muestran la evolución de éste considerando distintos factores (peso, porcentaje de grasa, pliegue de cintura e índice de masa corporal) respecto al tiempo (figura 8). Finalmente, se genera un reporte automático que contiene la recomendación del sistema validada por el nutricionista, éste consta de las preparaciones para cada tiempo de comida indicando cómo se compone cada preparación, además de indicar los tipos de alimentos a evitar y las consideraciones de las patologías asociadas al paciente (figura 9).

B. Implementación

Para la implementación se considerarán los siguientes lenguajes y herramientas de programación: *Codeigniter*, framework de aplicaciones web en PHP con un enfoque Modelo Vista Controlador; *JQuery*, Librería de javascript (lenguaje que será utilizado para agregar efectos dinámicos al sistema) la cual simplifica su uso sintáctico; y *MySQL*, como gestor de base de datos.

V. PLAN DE PRUEBAS

Todo el plan de pruebas abordado en el presente trabajo fue realizado con el software de gestión de pruebas *Testlink*. Este software permite realizar de manera integrada y satisfactoria las 3 etapas de un plan de pruebas como lo son: el diseño de casos de pruebas, la ejecución y el análisis final de resultados. La etapa de pruebas del trabajo se basó en el modelo de calidad definido por la ISO/IEC 25010 [20], de la cual se tomaron en consideración 3 características de calidad a probar y que son reseñadas a continuación.

A. Adecuación funcional

Hace referencia a la capacidad del producto de software de abordar satisfactoriamente las necesidades declaradas. Esta característica se subdivide en 3 sub-características:

1. Completitud funcional: Grado en el que el conjunto de funciones cubre todas las tareas y objetivos a realizar por el usuario.
2. Corrección funcional: Capacidad del software de proveer resultados correctos y precisos.
3. Pertinencia funcional: Capacidad del software para proporcionar un conjunto apropiado de funciones para tareas y objetivos de usuario.

Con el fin de complementar las pruebas de estas sub-características, se realizaron pruebas unitarias y de integración para ratificar el correcto funcionamiento y ensamblaje del producto de software.

B. Usabilidad

Capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones. Para someter a prueba esta característica se debe evaluar 6 sub-características:

1. Capacidad para reconocer su adecuación: Capacidad del producto que permite al usuario entender si el software es adecuado para sus necesidades.



Fig. 8. Gráficos de evolución del paciente respecto al tiempo.

Minuta Nutricional			
NUTRICIONISTA: DAGOBERTO RUBILAR			
Fecha: 26-07-2019			
Paciente: Alicia Contreras			
Rut: 14135652-6			
Hidratación recomendada: 1.8litros			
MINUTA NUTRICIONAL			
TIEMPOS	PREPARACION	ALIMENTOS	APORTE CALORICO
Desayuno	- Omelette(huevo gallina feliz) chiverduras(championes y tomates)	- Tomate(1 unidad) - Championes(20 gramos) - Huevo(gallina feliz)(1 unidad)	250 kcal
	- 2 rebanadas de pan s/gluten+ queso de cabra+ 1 cdita. aceite de oliva+ orégano+ espinaca	- Queso de cabra(30 gramos) - Aceite de oliva(30 gramos) - Orégano(1 puñito) - Espinaca(200 gramos) - Pan sin gluten(2 rebanadas)	250 kcal
Colación	- Aceitunas	- Aceituna(10 unidades)	250 kcal
	- Rollitos de jamon de pavo	- Jamón pavo(30 gramos)	250 kcal
	- manzana	- Manzana(30 gramos)	250 kcal
	- 1 compota de fruta (manzana, pera, plátano y fresas)	- Manzana(30 gramos) - Pera(30 gramos) - plátano(30 gramos) - Fresas(30 gramos)	250 kcal
TIEMPOS	PREPARACION	ALIMENTOS	APORTE CALORICO
Estado	- 1 plato de ensalada de colorea o aceite de oliva	- Zapallo italiano(200 gramos) - Coliflor(200 gramos) - Lechuga(200 gramos) - Tomate(200 gramos) - Espinaca(200 gramos) - Ajo(10 gramos)	300 kcal
Almuerzo	- Zapallo italiano refrito con queso y pollo	- Aceite de oliva(1 cucharada) - Zapallo italiano(100 gramos) - Coliflor(100 gramos) - Lechuga(100 gramos) - Ajo(10 gramos) - Zanahoria(100 gramos) - Pimiento rojo(100 gramos) - Pimiento verde(100 gramos)	300 kcal
	- Salsado de verduras a la olla	- Pimiento rojo(200 gramos) - Champiñones(200 gramos) - Queso de cabra(100 gramos) - Zapallo italiano(100 gramos) - Lechuga(100 gramos) - Ajo(10 gramos) - Zanahoria(100 gramos)	300 kcal
	- Fideos de zapallo italiano a la olla	- Zapallo italiano(100 gramos) - Abacost(100 gramos) - Aceite de oliva(1 cucharada) - Ajo(100 gramos)	300 kcal
	- Pajitas de queso o 1 trozo de carne blanca o huevo	- Pajitas(100 gramos) - Pimiento rojo(100 gramos) - Huevo(gallina feliz)(1 unidad) - Aceite de oliva(1 cucharada)	400 kcal
	- Quinoa chirimolida	- Champiñones(100 gramos) - Queso(100 gramos) - Queso de cabra(100 gramos) - Aceite de oliva(1 cucharada) - Coliflor(100 gramos) - Ajo(100 gramos) - Zanahoria(100 gramos) - Pimiento rojo(100 gramos)	400 kcal
TIEMPOS	PREPARACION	ALIMENTOS	APORTE CALORICO
Colación media tarde			
Once	- 2 rebanadas de pan sin gluten, pollo, tomate, aceite de oliva, queso de cabra	- Queso de cabra(30 gramos) - Pan sin gluten(2 rebanadas) - Pollo(30 gramos) - Tomate(200 gramos) - Aceite de oliva(10 gramos)	400 kcal
	- 2 rebanadas de pan sin gluten o 1 ralla de merienda casera o 1 ralla de miel orgánica	- Pan sin gluten(2 rebanadas) - Miel(100 gramos)	400 kcal
Cena	- 1 taza de crema de lenteja	- Aceite de oliva(1 cucharada) - Orégano(10 gramos) - Tomate(100 gramos) - Ajo(100 gramos) - Coliflor(100 gramos) - Pimiento rojo(100 gramos) - Pimiento verde(100 gramos) - Lenteja(200 gramos)	400 kcal
TIPOS DE ALIMENTOS A EVITAR			
Alimentos refinados, bebidas azucaradas, carbohidratos refinados, cereales refinados, comida rápida, frituras, lácteos tipo entero, lácteos grasos.			
CONSIDERACIONES PARA PATOLOGÍAS ASOCIADAS AL PACIENTE			
Fibromialgia	- Las verduras solubles (papa, pimiento, berenjena), los cereales integrales con presencia de gluten y el huevo, están sujetos a la realidad de cada paciente y los factores antes mencionados.		
Endometriosis Múltiple	- Las verduras solubles (papa, pimiento, berenjena), los cereales integrales con presencia de gluten y el huevo, están sujetos a la realidad de cada paciente y los factores antes mencionados.		

Fig. 9. Minuta nutricional.

2. Capacidad de aprendizaje: Capacidad del producto que permite al usuario aprender su aplicación.
3. Capacidad para ser usado: Capacidad del producto que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad.
4. Protección contra errores de usuario: Capacidad del sistema para proteger a los usuarios de cometer errores.
5. Estética de la interfaz de usuario: Capacidad de la interfaz de usuario de agradar y satisfacer la interacción con el usuario.
6. Accesibilidad: Capacidad del producto que permite que sea utilizado por usuarios con determinadas características y discapacidades.

La realización de pruebas de usabilidad se logró en base a pruebas de aceptación del software, éstas tienen el objetivo de establecer el grado de confianza del sistema. Para realizarlas, se generó una encuesta para usuarios que está diseñada para medir el grado de conformidad de los usuarios ante los requerimientos (funcionales y no funcionales) del sistema. En la figura 11 se definen las distintas pruebas abordadas en la encuesta, la cual se basa en las 6 sub-características (mencionadas con anterioridad).

C. Seguridad

Capacidad de protección de la información y los datos. Esta característica fue abordada y cumplida satisfactoriamente. Las siguientes sub-características fueron consideradas en esta etapa:

Pruebas de aceptación					
Prueba	1	2	3	4	5
Registrarse en el sistema					
Iniciar sesión					
Gestionar alimentos (crear,editar,eliminar)					
Gestionar preparaciones (crear,editar,eliminar)					
Gestionar patologías (crear,editar,eliminar)					
Gestionar pacientes (crear,editar,eliminar)					
Asignar patologías a pacientes					
Consultar paciente					
Consultar minutas					
Evaluar paciente					
Consultar evaluaciones de pacientes					
El estado nutricional es acorde a la evaluación de paciente					
Solicitar informe					
Descargar informe en formato PDF					
Solicitar recomendación de minuta					
Descargar minuta en formato PDF					
Consultar minutas de pacientes					
La minuta es acorde a las condiciones del paciente					
La interfaz gráfica es intuitiva					
El tiempo de aprendizaje de uso del sistema es menor a 3 horas					

Fig. 11. Encuesta pruebas de aceptación.

TABLA 3
ESCALA DE PUNTUACIÓN

Escala de puntuación	
Muy en desacuerdo	1
Desacuerdo	2
Me es indiferente	3
De acuerdo	4
Muy de acuerdo	5

1. Confidencialidad: Capacidad de protección contra el acceso de datos e información no autorizados, ya sea accidental o deliberadamente.
2. Integridad: Capacidad del sistema o componente para prevenir accesos o modificaciones no autorizados a datos o programas de ordenador.
3. No repudio: Capacidad de demostrar las acciones o eventos que han tenido lugar, de manera que dichas acciones o eventos no puedan ser repudiados posteriormente.
4. Responsabilidad: Capacidad de rastrear de forma inequívoca las acciones de una entidad.
5. Autenticidad: Capacidad de demostrar la identidad de un sujeto o un recurso.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En el presente trabajo se ha logrado abordar las distintas y progresivas etapas para la fabricación de software que propone la metodología cascada y la integración de conocimiento en el área de nutrición clínica. En la etapa de análisis se logró estudiar varias plataformas que tienen su foco en el área de la nutrición, de las cuales se recató sus mejores características para así ofrecer una mejora unificada y adaptada a las características geográficas. Por otra parte, los expertos del área han estado proporcionando (en reuniones establecidas) el conocimiento de la materia, para así generar los árboles de decisión que conforman la base del conocimiento del sistema de recomendación. Dentro de la etapa de diseño se definió el diseño arquitectónico, de interfaz, lógico, de conocimiento, de datos y el diseño de pruebas. Estos diseños son la base para la posterior implementación del sistema, siendo relevantes en las distintas aristas del sistema final.

Lo que respecta a la etapa de implementación del sistema de recomendación, se logró satisfacer los requerimientos de funcionalidad estipulados en la etapa de análisis. Por otra parte, en la etapa de pruebas realizada, los casos de pruebas que sometieron al sistema en el ámbito de funcionalidad y seguridad fueron aprobadas con éxito, ya que el universo de pruebas ejecutadas fue de 111 casos, siendo el 100% de éstos aprobados. Respecto al ámbito de pruebas de usabilidad, el feedback aportado por nutricionistas hace concluir que el sistema tiene una buena aceptación tanto en su diseño de interfaz, su modularidad y su característica de ser intuitivo al uso.

Como aporte por parte de los nutricionistas, se recomendó incluir en el perfil de los pacientes una fotografía de éstos, para que así los nutricionistas logren identificar a sus pacientes que, por ejemplo, lleven un largo período sin asistir a consulta. Una vez puesta en operatividad el producto desarrollado se espera recopilar datos que sean de insumo a otras investigaciones que sirvan por ejemplo para predicción de nuevos casos, generación y adaptación de nuevo conocimiento, entre otros.

REFERENCIAS

- [1] Universidad internacional de Valencia (2017). Nutrición clínica: concepto y características esenciales [online]. Available at: <https://www.universidadviu.es/nutricion-clinica/>
- [2] Organización Mundial de la Salud. (2016). ¿Qué es la malnutrición? [online]. Available at: <https://www.who.int/features/qa/malnutrition/es>
- [3] Salud y Bienestar Detalle. [online]. Available: <http://www.capedena.gob.cl/centros-de-salud/salud-y-bienestar/salud-y-bienestar-detalle/obesidad-en-chile-un-problema-en-aumento>
- [4] Isapres de Chile. (2017, diciembre). Informe Cáncer dic_2017, AICH. [online]. Available: <http://www.isapre.cl/PDF/Informe%20Cancer2017.pdf>
- [5] Programa elige vivir sano. ministerio de salud. [online]. Available: <http://www.msgg.gob.cl/wp/index.php/2018/05/09/conoce-en-que-consiste-el-nuevo-sistema-elige-vivir-sano/>
- [6] T. Theodoridis, V. Solachidis, K. Dimitropoulos, L. Gymnopoulos, P. Daras. A Survey on AI Nutrition Recommender Systems. 2019.12th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, 2019. pp. 540-546. <http://doi.org/10.1145/3316782.3322760>
- [7] N. Leipold, M. Madenach, H. Schäfer, M. Lurz, N. Terzimehić, G. Groh M. Böhm, K. Gedrich, H. Krcmar. Nutrilize a Personalized Nutrition Recommender System: an enable study. Proceedings of the 3rd International Workshop on Health Recommender Systems (HealthRecSys'18) co-located with the 12th ACM Conference on Recommender Systems (ACM RecSys 2018). pp. 24-29. Canada, 2018.
- [8] T. Trang, M. Atas, A. Felfernig, et al. An overview of recommender systems in the healthy food domain. Journal Intell Inf Syst (2018). pp. 501- 526. <https://doi.org/10.1007/s10844-017-0469-0>.
- [9] R. Ortega, A. López, P. Carvajales, A. Requejo, A. Aparicio y L. Molinero. (2019, junio). Programa para la evaluación de dietas y gestión de datos de alimentación. [online]. Available: <http://www.alceingenieria.net/descarga/DIAL.pdf>
- [10] G. García, Candido, et al. "Dietopro.com: una nueva herramienta de gestión dietoterapéutica basada en la tecnología cloud computing." Nutrición Hospitalaria, vol. 30, no. 3, Sept. 2014.
- [11] M. Gutiérrez, et al. NUTRISOL: un programa informático para la evaluación nutricional comunitaria y hospitalaria de acceso libre. Nutrición Hospitalaria, vol. 23, no. 1, Feb. 2008, pp. 20-26, scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112008000100004&lng=es&nrm=iso.%20ISSN%201699-5198.
- [12] P. Arancibia. (2012, agosto). Sistema de evaluación nutricional y asignación de menús a minutos utilizando simulated annealing. [online]. Available: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-3500/UCF3539_01.pdf
- [13] Y. Ríos Aquino. (2016). "Prototipo para el desarrollo de una aplicación web móvil de ayuda al tratamiento Nutricional o Dietético", Universidad de Carabobo, Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Computación.
- [14] R. Zennun. Online Recommender System for Personalized Nutrition Advice. Proceedings of the Eleventh ACM Conference on Recommender Systems - RecSys '17, At New York, New York, USA 2017. pp. 411-415. <https://doi.org/10.1145/3109859.3109862>.
- [15] What is a Knowledge Base? - Definition from Techopedia. Techopedia. [online]. Available: www.techopedia.com/definition/2511/knowledge-base-klog.Sistemas
- [16] T.vKam. The random subspace method for constructing decision forests. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 20, no. 8, Aug. 1998, pp. 832-44, <http://doi.org/10.1109/34.709601>
- [17] Forward Chaining and backward chaining in AI - Javatpoint. [online]. Available: <https://www.javatpoint.com/forward-chaining-and-backward-chaining-in-ai>
- [18] L. Yang, C. Hsieh, H. Yang, J. Pollak, N. Dell, S. Belongie, C. Cole, D. Estrin. Yum-me: A Personalized Nutrient-based Meal Recommender System. ACM Transactions on Information Systems, Vol. 9, No. 4, Article 39. 2017. <https://arxiv.org/pdf/1605.07722.pdf>.
- [19] G. Agapito, M. Simeoni, B. Calabrese, I. Caré, T. Lamprinou, P. Guzzi, A. Pujia, G. Fuiano, M. Cannataro. DIETOS: A dietary recommender system for chronic diseases monitoring and management. Computer Methods Programs Biomedicine. 2018 pp. 93-104. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.10.014>.
- [20] ISO 25010. [online]. Available: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>
- [21] D.S. Sanz, A. Agrawal. Automated Menu Recommendation System Based on Past Preferences. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol. 5, no. 7, 2014. pp. 74-77. Available: https://thesai.org/Downloads/Volume5No7/Paper_11-Automated_menu_recommendation_system_based_on_past_preferences.pdf