

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
VALPARAÍSO - CHILE



**“Ingeniería de Requisitos aplicada para integrar
Inteligencia Artificial a un software en el contexto
de la nutrición”**

Pablo López Arredondo

TESINA PARA OPTAR AL GRADO
DE MAGÍSTER EN TECNOLOGÍAS DE
LA INFORMACIÓN

Profesor Guía: Marcello Visconti



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☐ Memoria o trabajo de título ☒ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Ingeniería de Requisitos aplicada para integrar Inteligencia Artificial a un software en el contexto de la nutrición

Nombre del candidato(a): Pablo López Arredondo

Carrera / Grado: Magister en tecnologías de la Información

Campus: Vitacura **Departamento:** Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Marcello Visconti en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente

DEJO CONSTANCIA que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 26/10/2026 **Firma:**

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 26/10/2026 **Firma:**

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



“Ingeniería de Requisitos aplicada para integrar Inteligencia Artificial a un software en el contexto de la nutrición”

Pablo López Arredondo

ignasiop@gmail.com

Resumen: En este trabajo se especificaron los requerimientos funcionales que permitieron definir una aplicación web para facilitar el trabajo de nutricionistas, con énfasis en la generación de pautas de alimentación. Se desarrollaron dos versiones: una que incorporó herramientas de Inteligencia Artificial dentro de su flujo y otra que no las incorporó. Ambas se compararon con base en criterios de rendimiento y valoración del usuario final, con el objetivo de evaluar si la incorporación de Inteligencia Artificial generó beneficios reales en el contexto del negocio.

Palabras Clave: Nutrición, Inteligencia Artificial, Requerimientos Funcionales, Requisitos.

1. Introducción

Iflab es una empresa dedicada al desarrollo de software, principalmente de sistemas ERP para hospitales en Chile. El problema abordado en este trabajo surgió a partir de una posible oportunidad de negocio asociada a la creación de un nuevo producto que pudiera ser ofrecido como servicio a profesionales del área de la nutrición y que, además, pudiera sentar las bases para el desarrollo de otros productos de características similares.

Actualmente, los nutricionistas en Chile se apoyan principalmente en herramientas ofimáticas para la generación de pautas nutricionales, aun cuando existen alternativas de software que pueden facilitar este proceso tales como Nutrium. A partir de esta problemática, se planteó la posibilidad de integrar herramientas basadas en Inteligencia Artificial para apoyar y agilizar aquellas tareas centrales del trabajo del nutricionista, con énfasis en la generación de pautas de alimentación. Sin embargo, para determinar si esta incorporación generaba valor para los potenciales usuarios finales se decidió comparar una alternativa que incorporara Inteligencia Artificial con otra que no hiciera uso de estas herramientas.

En este contexto, uno de los objetivos del proyecto fue especificar las funcionalidades que debían ser incorporadas en un producto mínimo viable (MVP), tanto para una alternativa que utilizara Inteligencia Artificial como para una que no la utilizara, poniendo especial énfasis en el proceso de generación de pautas de alimentación. Para ello, se generó la documentación necesaria para la especificación del software mediante la aplicación de técnicas de Ingeniería de Requisitos y se desarrollaron dos propuestas a nivel de prototipo de baja resolución. Posteriormente, ambos prototipos fueron sometidos a evaluación con profesionales del área de la nutrición, con el propósito de determinar si la incorporación de Inteligencia Artificial generaba valor en el proceso estudiado.

1.1 Propuesta

El trabajo tuvo como objetivo diseñar un software de apoyo a nutricionistas cuyo eje fue la creación de pautas de alimentación. Para ello, se consideraron dos alternativas: una que incorporó métodos de Inteligencia Artificial en su diseño y otra que no los incorporó.

La ingeniería de requisitos desempeñó un papel crucial en la definición precisa y completa de las funcionalidades del software, lo que permitió asegurar que respondiera a las necesidades de los nutricionistas y a las expectativas de los usuarios finales en ambos casos señalados. Para esto, de forma general, se elaboraron los siguientes elementos:

- **Investigación Inicial y Requisitos Preliminares:** Se realizaron entrevistas con nutricionistas para comprender sus necesidades y desafíos en la elaboración de pautas de alimentación.

- **Generación de documentación:** Se elaboró la documentación según las mejores prácticas de ingeniería de requisitos.
- **Software Básico:** Se elaboró un software que permitió validar las ideas básicas, utilizando como entrada la especificación funcional generada previamente.

1.2 Hipótesis

Se planteó la hipótesis de que la implementación de un software de apoyo a los nutricionistas que utilizara herramientas de Inteligencia Artificial en aspectos clave del negocio, como la elaboración de pautas de alimentación, resultaría en una mejora en la eficiencia del trabajo de los profesionales de la salud en el contexto de la nutrición, en comparación con una alternativa que no utilizara herramientas de Inteligencia Artificial.

1.3 Propuesta de Validación

La validación de la hipótesis se llevó a cabo mediante un enfoque de estudio de usuarios (nutricionistas). Aunque el software no se desarrolló en esta propuesta, se realizaron simulaciones y escenarios de prueba para evaluar su impacto potencial, midiendo la eficiencia de los casos sin y con integración de Inteligencia Artificial. En términos generales, se evaluaron el desempeño, asociado a los tiempos que les tomó a los profesionales realizar el flujo crítico del sistema, y la valoración de los profesionales respecto de los sistemas desarrollados (variables dependientes). Las variables dependientes fueron los prototipos utilizados, resultado de la Ingeniería de Requisitos. La validación se dividió en las siguientes etapas:

1. **Definición de Escenarios de Prueba:** Se diseñaron escenarios de prueba que reflejaron situaciones del mundo real en las que un nutricionista debe elaborar pautas de alimentación para pacientes con diferentes perfiles y necesidades dietéticas.
2. **Simulación de Interacciones con el Software:** Se simularon las interacciones entre los nutricionistas y el software mediante prototipos programados con agentes de Inteligencia Artificial, utilizando como entrada los escenarios definidos previamente. Esto incluyó la entrada de datos del paciente, la generación de pautas de alimentación y la visualización de resultados hipotéticos para ambos casos.
3. **Recopilación de Datos de Simulación:** Se recopilaron datos ficticios sobre la precisión de las recomendaciones generadas, el tiempo requerido para completar las tareas y la satisfacción general de los "participantes" para los casos con y sin integración de Inteligencia Artificial.
4. **Análisis de Datos:** Se analizaron los datos recopilados (tiempo para realizar operaciones clave y valoración de usuarios) para evaluar si la simulación del software basado en la ingeniería de requisitos logró la mejora esperada en precisión y eficiencia en la generación de pautas de alimentación.
5. **Conclusiones y Recomendaciones:** Con base en el análisis de datos, se elaboró un informe que presentó las conclusiones y recomendaciones sobre el impacto potencial del software en la elaboración de pautas de alimentación. Este informe se utilizó para respaldar la hipótesis planteada al contrastar los resultados obtenidos entre ambas propuestas.

2 Marco teórico y Estado del Arte

2.1 Ingeniería de Requisitos

Al momento de desarrollar este trabajo, no se encontró literatura enfocada en cómo comparar el desempeño de una aplicación que resolviera un problema mediante el uso de Inteligencia Artificial frente a una que no la utilizara. Por ello, se utilizaron herramientas de Ingeniería de Requisitos para generar el diseño de la aplicación en ambos casos y, posteriormente, contrastar los resultados.

La ingeniería de requisitos es una disciplina fundamental en el desarrollo de software y sistemas de tecnología de la información. Se trata del proceso de identificar, analizar, documentar y gestionar los requisitos de un sistema o software que se va a desarrollar [1]. Los requisitos son las características, funcionalidades y restricciones que un sistema debe cumplir para satisfacer las necesidades de los usuarios, clientes u otras partes interesadas. Según Sommerville *“Un requerimiento es simplemente una declaración abstracta de alto nivel de un servicio que debe proporcionar el sistema o una restricción de éste”* [2].

La ingeniería de requisitos involucra varios pasos y actividades, que de forma general incluyen:

- **Identificación de requisitos:** En esta etapa se recopilan y documentan las necesidades y expectativas de los usuarios y otras partes interesadas. Esto se puede lograr a través de entrevistas, encuestas, reuniones y otros métodos de recolección de información.
- **Análisis y especificación de requisitos:** Los requisitos recopilados se analizan para entender su importancia y prioridad. Luego se traducen en especificaciones claras y detalladas que describen qué debe hacer el sistema. Estas especificaciones suelen incluir descripciones de casos de uso, diagramas, prototipos y otros documentos.
- **Validación de requisitos:** En esta etapa, se verifica que los requisitos sean completos, coherentes, comprensibles y alcanzables. Esto se logra a través de revisiones, discusiones y validación con los Stakeholders.
- **Gestión de cambios de requisitos:** A medida que avanza el proyecto, es posible que los requisitos cambien debido a nuevos conocimientos o a cambios en las necesidades de los usuarios. La gestión de cambios asegura que cualquier modificación en los requisitos sea gestionada de manera controlada y documentada.
- **Seguimiento y control de requisitos:** Durante el desarrollo del proyecto, se realiza un seguimiento de los requisitos para garantizar que se estén cumpliendo y que no haya desviaciones significativas.

Pressman define siete tareas para la IR: *“inicio, obtención, elaboración, negociación, especificación, validación y gestión”*. Resulta importante destacar que algunas de estas funciones ocurren en paralelo y que todas deben adaptarse a las necesidades del proyecto [3].

La ingeniería de requisitos es esencial para el éxito de un proyecto de desarrollo de software, ya que ayuda a establecer una base sólida y comprensible para el diseño y la implementación [4]. Una buena práctica en esta disciplina puede ayudar a evitar malentendidos, cambios de última hora y problemas de comunicación entre los diferentes equipos involucrados en el desarrollo. También genera varios documentos que son fundamentales para el proceso de desarrollo de software y sistemas, los cuales ayudan a capturar, comunicar y gestionar los requisitos a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Algunos de los documentos más comunes generados por la ingeniería de requisitos son:

- **Documento de Visión:** Este documento describe la visión general del proyecto, sus objetivos, alcance, características clave y los problemas que busca resolver.
- **Especificaciones de Requisitos:** Estas especificaciones detallan los requisitos funcionales y no funcionales del sistema. Pueden incluir casos de uso, descripciones de escenarios, diagramas de flujo, prototipos de interfaces de usuario y otros detalles que definen cómo debe comportarse el sistema.
- **Matriz de Rastreo de Requisitos:** Este documento vincula los requisitos con elementos relacionados, como casos de uso, pruebas y componentes del sistema. Ayuda a rastrear cómo se cumplen los requisitos a lo largo del proceso de desarrollo.

- **Diagramas de Casos de Uso:** Estos diagramas ilustran las interacciones entre los actores (usuarios o sistemas externos) y el sistema, mostrando cómo se utilizan diferentes funciones y características [5].
- **Diagramas de Secuencia:** Estos diagramas representan la secuencia de interacciones entre los objetos del sistema, mostrando cómo fluye la información y cómo se ejecutan las acciones.
- **Documento de Requisitos de Usuario:** Este documento presenta los requisitos desde la perspectiva del usuario final, utilizando un lenguaje más comprensible y menos técnico.
- **Documento de Requisitos de Sistema:** Describe los requisitos técnicos y funcionales del sistema desde la perspectiva del desarrollo y la implementación.
- **Matriz de Riesgos y Requisitos:** Identifica los riesgos potenciales asociados con los requisitos y cómo se abordarán en el desarrollo.
- **Informe de Validación de Requisitos:** Documenta los resultados de la validación de los requisitos, asegurando que cumplan con las expectativas y necesidades de los stakeholders.
- **Informe de Verificación de Requisitos:** Documenta los resultados de la verificación de los requisitos, asegurando que se hayan implementado correctamente.
- **Documento de Aceptación de Requisitos:** Este documento establece formalmente que los requisitos han sido cumplidos y aceptados por los Stakeholders.

La naturaleza y la cantidad de documentos pueden variar según el alcance y la complejidad del proyecto, así como las metodologías y prácticas específicas utilizadas en el proceso de desarrollo. Las asignaturas claves para llevar a cabo esta propuesta son Ingeniería de requisitos e Ingeniería y procesos de software.

2.2 El trabajo del profesional de nutrición y la planificación

Un nutricionista clínico [6] desempeña un papel esencial en la promoción de la salud y el bienestar a través de la educación alimentaria y la elaboración de pautas dietéticas personalizadas [7]. En su día a día, un nutricionista realiza una variedad de tareas que incluyen:

- **Evaluación de Pacientes:** Realiza entrevistas y evaluaciones para comprender la historia médica, los hábitos alimenticios, las necesidades nutricionales y los objetivos de salud de los pacientes.
- **Análisis de Datos:** Examina los datos recopilados, como medidas antropométricas, niveles de actividad física, análisis de sangre y preferencias alimenticias, para identificar necesidades y deficiencias nutricionales.
- **Elaboración de Pautas Dietéticas:** Diseña pautas de alimentación personalizadas que se ajusten a las necesidades y objetivos de los pacientes. Estas pautas pueden incluir recomendaciones de alimentos, porciones, horarios y suplementos.
- **Educación Alimentaria:** Proporciona orientación a los pacientes sobre cómo seleccionar y preparar alimentos saludables, interpretar etiquetas nutricionales y tomar decisiones dietéticas informadas.
- **Seguimiento y Ajustes:** Realiza seguimientos regulares para evaluar el progreso de los pacientes, realizar ajustes en las pautas dietéticas según sea necesario y brindar apoyo continuo.

- **Colaboración Interdisciplinaria:** Trabaja en equipo con médicos, fisioterapeutas, psicólogos y otros profesionales de la salud para brindar un enfoque integral en la atención del paciente.

En la generación de pautas de alimentación, un nutricionista sigue un proceso que generalmente implica:

- **Evaluación Inicial:** Recopila información detallada sobre la historia médica, preferencias, necesidades nutricionales y objetivos de salud del paciente.
- **Análisis Nutricional:** Utiliza herramientas y fuentes de información para calcular y evaluar la ingesta actual de nutrientes del paciente.
- **Diseño de la Pauta:** Basado en la evaluación y el análisis, crea una pauta de alimentación personalizada que equilibre las necesidades nutricionales con las preferencias del paciente.
- **Educación y Orientación:** Explica la pauta de alimentación al paciente, brindando orientación sobre cómo seguir la dieta y lograr los objetivos nutricionales.
- **Seguimiento y Ajustes:** Realiza un seguimiento regular del paciente para evaluar el progreso y realizar ajustes en la pauta según sea necesario.

En cuanto a las herramientas informáticas, los nutricionistas utilizan una variedad de software y aplicaciones para mejorar la eficiencia de su trabajo y brindar un mejor servicio a los pacientes. Algunas de las herramientas informáticas más comunes utilizadas por los nutricionistas incluyen:

- **Software de Evaluación Nutricional:** Plataformas que ayudan a realizar análisis detallados de la ingesta de nutrientes y a generar informes nutricionales.
- **Aplicaciones de Seguimiento Alimenticio:** Herramientas que permiten a los pacientes registrar su ingesta de alimentos y actividades físicas para un seguimiento preciso.
- **Bases de Datos de Composición de Alimentos:** Plataformas que proporcionan información nutricional detallada sobre una amplia variedad de alimentos y bebidas.
- **Herramientas de Planificación de Comidas:** Software que permite a los nutricionistas crear planes de comidas personalizados y adaptados a las necesidades de los pacientes. Uno de los más populares es Nutrium [8].
- **Herramientas de Educación Alimentaria:** Recursos interactivos, como presentaciones y videos, que ayudan a educar a los pacientes sobre nutrición.
- **Plataformas de Telemedicina:** Utilizadas para realizar consultas y seguimientos a distancia, especialmente en situaciones en las que la presencia física no es posible.

2.3 Técnicas de Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial corresponde a un conjunto de técnicas que permiten a los sistemas informáticos realizar tareas que normalmente requieren capacidades asociadas al razonamiento humano, como el aprendizaje, el reconocimiento de patrones, la clasificación de información, la generación de recomendaciones y el apoyo a la toma de decisiones [9]. En términos generales, estas técnicas permiten que un sistema pueda procesar datos, identificar relaciones entre variables y entregar resultados que sirvan como apoyo para resolver un problema específico.

En el contexto de esta propuesta, la Inteligencia Artificial no se entiende como un reemplazo del criterio profesional del nutricionista, sino como una herramienta de apoyo que podría facilitar y acelerar ciertas tareas asociadas a la generación de pautas de alimentación. Esto es especialmente relevante en áreas relacionadas con la salud, donde las herramientas de IA pueden apoyar procesos de decisión, pero requieren ser utilizadas bajo supervisión profesional debido al impacto que pueden tener en la atención de las personas [10].

Para efectos de este trabajo, resulta relevante identificar qué técnicas de Inteligencia Artificial podrían ser aplicables al proceso de elaboración de pautas nutricionales, considerando que el objetivo principal es comparar una propuesta de software que utilice IA con una propuesta que no la utilice. Esta comparación busca evaluar si la incorporación de estas herramientas genera beneficios reales en términos de eficiencia y valoración por parte del usuario final, especialmente en el flujo crítico compuesto por la evaluación inicial del paciente, el análisis nutricional y la generación de pautas de alimentación.

La literatura reciente muestra que la Inteligencia Artificial, el Machine Learning y el Deep Learning han sido aplicados en distintos ámbitos de la nutrición, tales como nutrición personalizada, evaluación dietaria, reconocimiento de alimentos, seguimiento de ingesta, modelamiento predictivo, prevención de enfermedades y monitoreo de condiciones de salud relacionadas con la alimentación [11]. Esto permite sustentar que el uso de IA en nutrición no se limita a una función aislada, sino que puede incorporarse en distintas etapas del trabajo profesional, especialmente en aquellas donde existe procesamiento de datos, identificación de patrones y generación de recomendaciones.

Una de las técnicas que podría ser aplicada corresponde al análisis predictivo mediante Machine Learning. Esta técnica permite analizar datos históricos o datos estructurados del paciente con el objetivo de identificar patrones que apoyen la toma de decisiones. En el caso de una aplicación para nutricionistas, el análisis predictivo podría utilizar información como edad, peso, talla, nivel de actividad física, objetivos nutricionales, restricciones alimentarias y antecedentes relevantes del paciente para apoyar la estimación de requerimientos nutricionales o sugerir posibles ajustes en la pauta. Su principal ventaja es que podría reducir el tiempo requerido para realizar ciertos análisis iniciales; sin embargo, su principal limitación es que requiere contar con datos suficientes, confiables y correctamente estructurados [11].

Otra técnica relevante corresponde a los sistemas de recomendación. Estos sistemas permiten sugerir alternativas a partir de las características del usuario y de un conjunto de opciones disponibles. En el contexto de la nutrición, podrían utilizarse para recomendar alimentos, preparaciones, menús o reemplazos según el perfil del paciente. Esta técnica resulta especialmente importante para el presente proyecto, ya que se relaciona directamente con la generación de pautas de alimentación personalizadas. Su principal beneficio es que puede facilitar el trabajo del nutricionista al entregar una propuesta base que luego puede ser revisada, modificada y validada por el profesional. En este sentido, la revisión de Armand et al. identifica la nutrición personalizada como una de las áreas relevantes de aplicación de IA en nutrición, lo que respalda la pertinencia de incorporar recomendaciones adaptadas al perfil del paciente dentro de la propuesta [11].

También es posible considerar técnicas de optimización aplicadas a la selección de ingredientes y composición de comidas. Este enfoque permitiría buscar combinaciones de alimentos que cumplan con ciertos criterios definidos previamente, como cantidad de calorías, distribución de macronutrientes, preferencias del paciente, restricciones médicas, disponibilidad de alimentos y variedad en la pauta. En este sentido, la optimización



podría aumentar la flexibilidad del sistema y disminuir el esfuerzo manual requerido para construir una pauta equilibrada. No obstante, su implementación puede requerir una correcta definición de reglas nutricionales y restricciones para evitar recomendaciones poco realistas o difíciles de aplicar en la práctica [11].

Adicionalmente, se pueden considerar herramientas de Inteligencia Artificial generativa para apoyar la redacción de pautas, recomendaciones y material educativo para el paciente. Este tipo de herramienta podría facilitar la generación de explicaciones en lenguaje natural, sugerencias de reemplazo o instrucciones generales para seguir una pauta alimentaria. En el área de salud, la IA generativa ha sido estudiada como apoyo en tareas como documentación clínica, asistencia diagnóstica, soporte a decisiones clínicas y generación de información, lo que permite proyectar su uso como apoyo en la comunicación de recomendaciones nutricionales [12]. Sin embargo, debido a que el área de nutrición se relaciona directamente con la salud de las personas, cualquier contenido generado por IA debe ser revisado y validado por el nutricionista antes de ser entregado al paciente.

Para esta investigación, la selección de técnicas de Inteligencia Artificial consideró criterios de costo, tiempo de desarrollo, complejidad de implementación y aporte real al flujo crítico del sistema. Dado que el alcance de este trabajo se centra en la ingeniería de requisitos y en la evaluación mediante prototipos de baja resolución, no se busca desarrollar modelos complejos ni implementar una solución completa, sino representar funcionalidades que permitan evaluar si la incorporación de IA genera una mejora en la eficiencia y en la percepción de valor por parte de los profesionales de nutrición.

En consecuencia, las técnicas consideradas más adecuadas dentro de la propuesta fueron el análisis predictivo, las recomendaciones personalizadas y la optimización. Estas permitieron representar de manera clara cómo la Inteligencia Artificial podía apoyar al nutricionista durante el proceso de creación de pautas de alimentación, manteniendo siempre al profesional como responsable final de la decisión y validación de los resultados generados por el sistema.

3 Desarrollo de la solución

3.1 Ingeniería de requisitos para el caso sin uso de Inteligencia Artificial

Esta sección se centra en el proceso de ingeniería de requisitos aplicado al desarrollo de una aplicación para nutricionistas que no integra Inteligencia Artificial. A continuación, se presenta un diagrama que ilustra los pasos clave realizados desde la elaboración de entrevistas hasta la generación de prototipos en baja resolución. Este enfoque metodológico permitió identificar necesidades específicas, definir metas claras y documentar casos de uso relevantes.

Proceso de Ingeniería de Requisitos y Prototipado



Figura 1: Proceso de ingeniería de requisitos aplicado a la problemática

El proceso comenzó con entrevistas a nutricionistas expertos, lo que facilitó la identificación de desafíos y requerimientos en la creación de pautas de alimentación. A partir de la información recopilada, se definieron

casos de uso que se documentaron y representaron en un diagrama para clarificar las interacciones entre los usuarios y el sistema.

Además, se desarrolló un prototipo en baja resolución utilizando archivos HTML estáticos y JavaScript mediante herramientas de programación basadas en agentes (GitHub Copilot), el cual se subió a un servidor de prueba donde se realizaron las mediciones. Este prototipo permitió realizar casos de prueba guiados para medir el tiempo y la eficacia de las tareas críticas asociadas a la creación de pautas de alimentación. En esta sección, se detallan cada uno de estos pasos y se explica su relevancia en la validación del software propuesto.

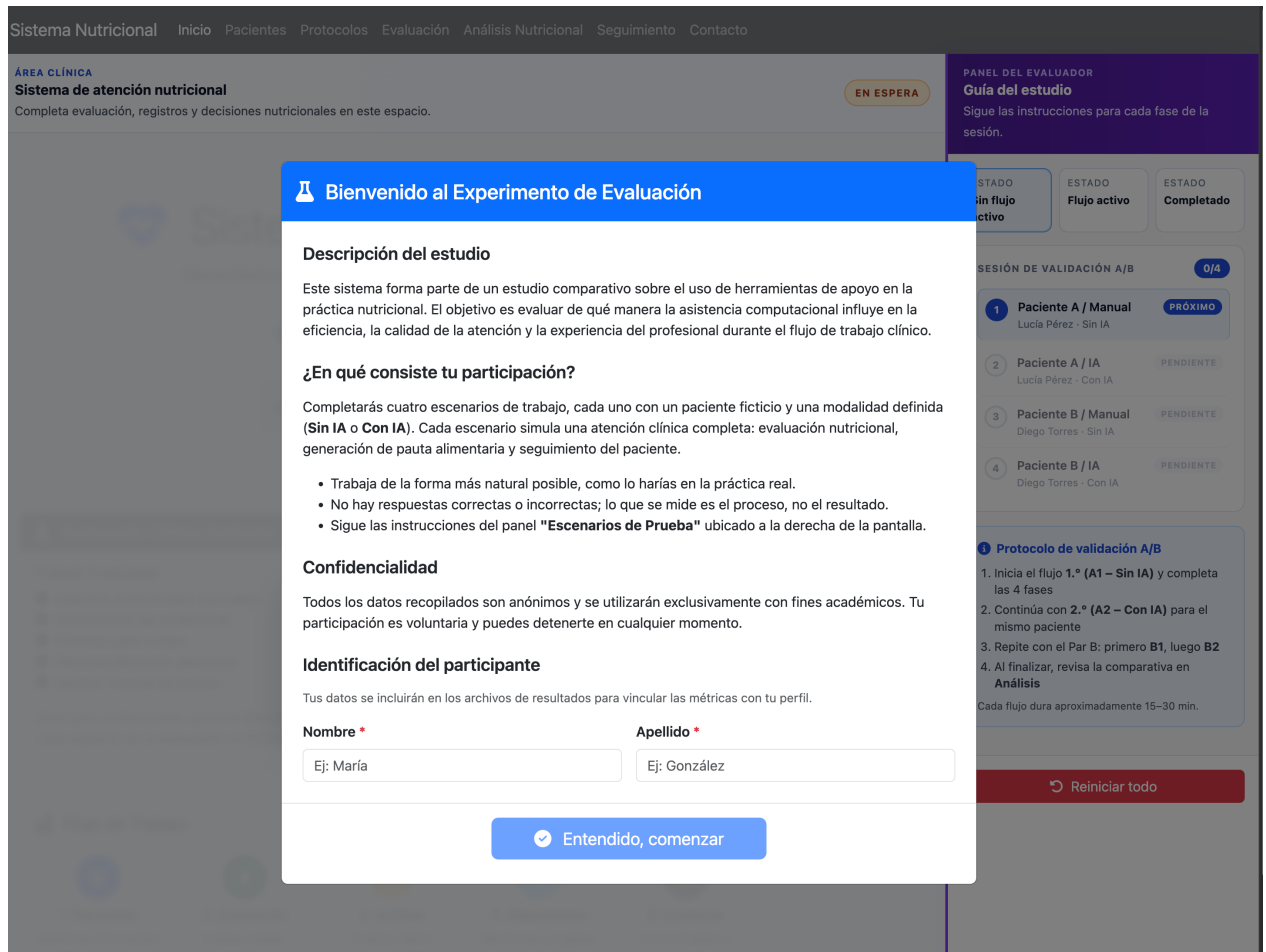


Figura 2: Software de prueba generado

La primera actividad realizada fue la generación del documento donde se describen los requisitos para la aplicación sin la integración de herramientas de Inteligencia Artificial. La identificación de estos requisitos se realizó a través de entrevistas con un nutricionista experto, cuyo conocimiento y experiencia en el campo proporcionaron una base sólida para entender las necesidades reales de los profesionales en la generación de pautas de alimentación.

- i. **Entrevistas Iniciales:** Se llevaron a cabo sesiones de entrevistas semiestructuradas con un nutricionista clínico, donde se exploraron los procesos actuales de elaboración de pautas alimentarias, las herramientas utilizadas, los desafíos enfrentados y las expectativas sobre un nuevo software. Durante estas entrevistas, se registraron las prácticas habituales y las necesidades específicas del usuario.
- ii. **Análisis de Metas y Objetivos:** A partir de la información recopilada en las entrevistas, se definieron metas claras para el software propuesto. Estas metas incluían:

Meta	Descripción	Stakeholder(s)
M1: Evaluación Completa	Permitir una evaluación nutricional completa y detallada	Nutricionista
M2: Generación de Pautas	Crear pautas dietéticas basadas en la evaluación del paciente	Nutricionista
M3: Seguimiento Manual	Permitir al nutricionista hacer un seguimiento manual del paciente	Nutricionista, Paciente
M4: Documentación	Facilitar la documentación y reporte de la información del paciente	Nutricionista

Tabla 1: Tabla de metas

iii. **Descomposición de Metas en Casos de Uso:** Con las metas establecidas, se llevó a cabo un proceso de descomposición en el que cada objetivo se tradujo en casos de uso específicos. Se identificaron un total de 16 casos de uso que reflejan diferentes interacciones entre el nutricionista, paciente y el sistema. Estos casos de uso abarcan las siguientes funcionalidades clave:

- **Evaluación Inicial:** Recopilar información sobre la historia médica, hábitos alimenticios y objetivos de salud del paciente.
- **Análisis Nutricional:** Evaluar la ingesta actual de nutrientes mediante herramientas integradas.
- **Generación de Pautas de Alimentación:** Crear pautas personalizadas basadas en la evaluación y el análisis de datos.
- **Educación del Paciente:** Proporcionar material educativo y recomendaciones sobre cómo seguir la pauta alimentaria.
- **Seguimiento y Ajustes:** Permitir el seguimiento del progreso del paciente y realizar ajustes en las pautas cuando sea necesario.

iv. **Documentación de Casos de Uso:** Cada caso de uso fue documentado utilizando el formato estándar de casos de uso, que incluye:

- **Título del Caso de Uso:** Identificación clara de la funcionalidad.
- **Actor Primario:** El nutricionista que interactúa con el sistema.
- **Descripción:** Un resumen de la funcionalidad.
- **Precondiciones/Postcondiciones:** Condiciones que deben cumplirse antes de iniciar el caso de uso.
- **Flujo Principal:** La secuencia de pasos que se siguen para realizar la función deseada.



- v. **Validación de Casos de Uso:** Para asegurar que los casos de uso reflejan verdaderamente las necesidades del nutricionista, se realizó una segunda ronda de revisiones con el experto. Se discutieron cada uno de los casos de uso documentados, permitiendo al nutricionista proporcionar comentarios y sugerencias para mejoras.

En la elaboración de los casos de uso para el desarrollo del MVP, se decidió omitir ciertos casos de uso clásicos, como "iniciar sesión" y "registrar cuenta". Estas funcionalidades son consideradas esenciales para la mayoría de las aplicaciones web, pero en el contexto específico de este proyecto, no generan un valor significativo que justifique su inclusión en la versión mínima viable del software. El enfoque se centra en proporcionar herramientas que directamente impacten la eficiencia y efectividad del trabajo del nutricionista, priorizando las funciones que faciliten la generación de pautas de alimentación personalizadas.

La culminación de este proceso resultó en un conjunto de 16 casos de uso que representan un enfoque centrado en el usuario:

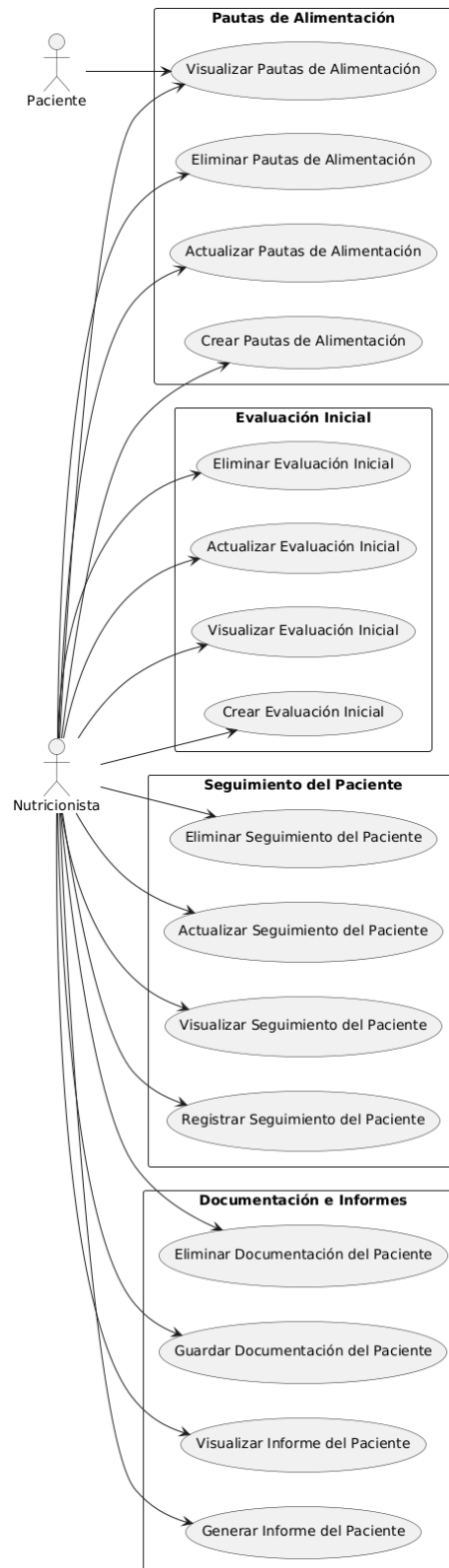


Figura 3: Diagrama de Casos de Uso

Dentro de los 16 casos de uso documentados, los siguientes están directamente involucrados en el flujo crítico de creación de una pauta de alimentación y fueron los que se midieron en términos de tiempo y efectividad:

- i. **Evaluación Inicial:** Este caso de uso es fundamental para recopilar la información necesaria del paciente, que sirve como base para el diseño de la pauta.
- ii. **Análisis Nutricional:** Permite evaluar la ingesta de nutrientes del paciente, lo cual es crucial para crear pautas personalizadas y efectivas.
- iii. **Generación de Pautas de Alimentación:** Este es el caso de uso central, donde se produce la creación efectiva de la pauta nutricional, y es el principal objeto de medición.

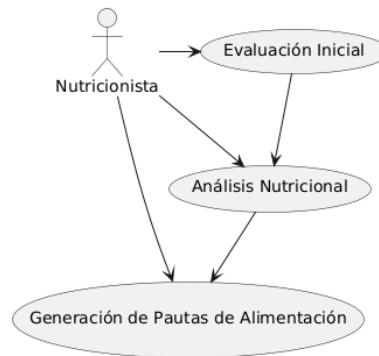


Figura 4: Casos de uso del flujo crítico evaluado.

Para validar los casos de uso y medir la eficiencia en la creación de pautas de alimentación, se desarrolló un prototipo en baja resolución de la aplicación. Este proceso incluyó las siguientes etapas:

- i. **Generación de HTML:** Se creó una serie de páginas HTML estáticas con javascript que reflejan las interfaces y funcionalidades esenciales del sistema. Estas páginas fueron diseñadas para simular la experiencia del usuario sin implementar lógica de programación compleja, pero siendo funcionales. Para acelerar el desarrollo de estas páginas de prueba se ocupó Github copilot.
- ii. **Subida a un Servidor de Prueba:** Los archivos HTML fueron subidos a un servidor de prueba accesible para los nutricionistas involucrados en el estudio. Este entorno permitió una interacción más realista con el prototipo, simulando el uso del software en un contexto práctico.
- iii. **Casos de Prueba Guiados:** Acompañamos a los nutricionistas durante un caso de prueba guiado, donde se les pidió que completaran las tareas relacionadas con los casos de uso definidos. Durante este proceso, se registraron los tiempos que les tomaba realizar cada una de las actividades, especialmente en la generación de pautas de alimentación.

PASO 2 · DISEÑO DE LA PAUTA

Armar pauta semanal

Arrastra porciones, valida macros y guarda la pauta definitiva.

[< Volver al Paso 1](#)
[Guardar pauta y continuar](#)

1951

Calorías/día

Asignadas: 0 kcal [Ajustar](#)

75g

[Proteína](#)

Asignadas: 0g [Ajustar](#)

269g

[Carbohidrato](#)

Asignadas: 0g [Ajustar](#)

64g

[Grasa](#)

Asignadas: 0g [Ajustar](#)

Avance de macros en tiempo real

Se actualiza al mover porciones

Calorías **Faltan 1,951 kcal**

0 / 1951 kcal

[Proteína](#) **Faltan 75g**

0g / 75g

[Carbohidrato](#) **Faltan 269g**

0g / 269g

[Grasa](#) **Faltan 64g**

0g / 64g

Semana tipo

3 tiempos obligatorios: Desayuno, Almuerzo, Cena.

[Limpiar día](#)
[Sugerir menú real](#)

Porciones base

Define cuántos gramos representa cada macro. Estos valores se aplican al distribuir los macros en cada comida.

[Usando porciones estándar](#)

Las porciones siguen los valores de referencia clínica. Activa modo personalizado para ajustar.

PORCIÓN DE PROTEÍNA [Proteína](#)

25g proteína · 100 kcal

Fijar gramos de proteína

Desayuno 0 kcal

Proteína [Proteína](#)

1 porción = 25g · 100 kcal

Porciones asignadas

Total: 0g · 0 kcal

Carbohidrato [Carbohidrato](#)

1 porción = 30g · 120 kcal

Porciones asignadas

Almuerzo 0 kcal

Proteína [Proteína](#)

1 porción = 25g · 100 kcal

Porciones asignadas

Total: 0g · 0 kcal

Carbohidrato [Carbohidrato](#)

1 porción = 30g · 120 kcal

Porciones asignadas

Figura 5: Flujo creación de pauta nutricional

- iv. **Medición de Tiempos:** Los tiempos fueron medidos cada etapa del flujo crítico: desde la evaluación inicial hasta la generación de la pauta de alimentación. Con fines hacer más precisa la medición, se realizó el flujo crítico con 2 casos de paciente teóricos diferentes y se utilizó el promedio de los tiempos para la comparación final. Para medir los tiempos se le agregó al prototipo una capa adicional de lógica que permitió realizar esto.

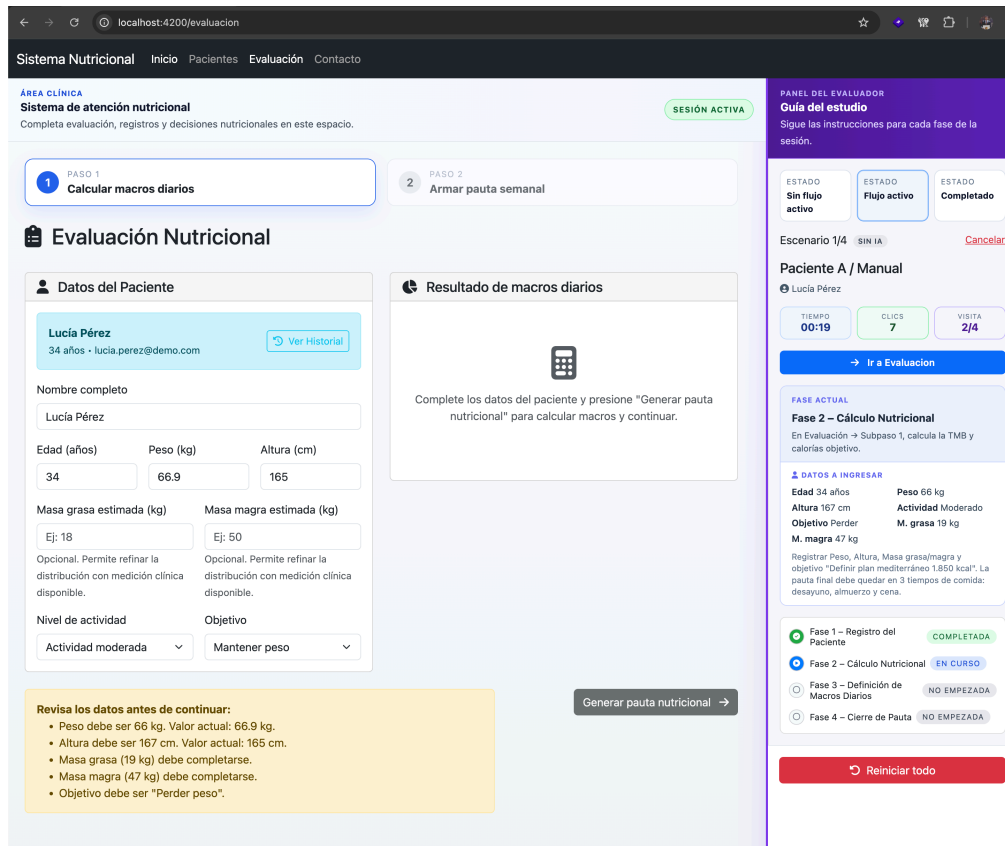


Figura 6: Medición del tiempo del flujo a la derecha

Nombre	Paciente A sin IA	Paciente B sin IA	Promedio sin IA
Profesional 1	10:20	10:40	10:30
Profesional 2	9:40	10:10	9:55
Profesional 3	11:00	10:50	10:55
Profesional 4	9:30	9:50	9:40
Profesional 5	10:30	10:20	10:25

Tabla 2: Mediciones (caso sin IA)

3.2 Ingeniería de requisitos para el caso con uso de Inteligencia Artificial

Basándose en la documentación generada para el caso sin inteligencia artificial, se revisaron y modificaron los casos de uso del flujo crítico necesarios para integrar las capacidades de IA de manera efectiva.

El uso de IA se entendió como la aplicación de técnicas de Machine Learning para asistir en la creación de pautas de alimentación, lo que permitió al sistema analizar datos del paciente, identificar patrones y generar recomendaciones personalizadas. Esta integración tenía como objetivo mejorar la eficiencia del proceso y facilitar el trabajo de los nutricionistas.

Se estableció como restricción fundamental el uso de herramientas de bajo y mediano costo, garantizando que la solución fuera accesible para los profesionales del área. Con este enfoque, se buscó no solo innovar en la

generación de pautas de alimentación, sino también validar si la incorporación de IA realmente aportaba valor a los nutricionistas en su práctica diaria.

Se decidió utilizar la *Food Data Central API* para acceder a información nutricional precisa y actualizada sobre una amplia variedad de alimentos, lo que facilitó la creación de pautas personalizadas al ofrecer datos confiables sobre nutrientes y porciones.

A continuación, se presentan las estrategias de IA incorporadas en la aplicación:

Estrategia	Ventajas	Desventajas	Costo en Tiempo de Desarrollo	Costo en Procesamiento
Análisis Predictivo	Anticipa necesidades nutricionales	Requiere un conjunto de datos amplio y limpio	Moderado	Bajo
Recomendaciones Personalizadas	Facilita la personalización de menús y recetas	Complicado si los datos de entrada son imprecisos	Alto	Moderado
Optimización de Ingredientes	Aumenta la flexibilidad en la creación de pautas	Análisis exhaustivo de múltiples ingredientes	Moderado	Bajo

Tabla 3: Características seleccionadas

Se justificó la exclusión de otras características en esta iteración, considerando factores como el tiempo, costos y alcance. La decisión de no incluir ciertas funcionalidades se basó en la necesidad de concentrarse en aquellas que generan más valor y pueden ser implementadas con los recursos y plazos disponibles, asegurando que el desarrollo se mantenga alineado con los objetivos del proyecto.

En este contexto, se ajustaron los casos de uso definidos previamente para incluir las funcionalidades específicas relacionadas con la inteligencia artificial. Se revisaron los requisitos en función de las nuevas capacidades que se deseaba incorporar, asegurando que cada caso de uso reflejara claramente cómo la IA podría asistir a los nutricionistas en su trabajo diario.

Caso de uso original	Modificación incorporada con IA	Valor esperado
Evaluación Inicial	El sistema permite ingresar los datos del paciente y, adicionalmente, genera una lectura preliminar de aspectos relevantes del perfil, tales como objetivos, restricciones alimentarias y elementos que podrían afectar la pauta.	Reducir el tiempo de revisión inicial y facilitar la identificación de información relevante.
Análisis Nutricional	El sistema utiliza la información registrada para sugerir requerimientos nutricionales preliminares y alertar sobre posibles consideraciones asociadas al perfil del paciente.	Apoyar el análisis del nutricionista y disminuir el trabajo manual asociado a la interpretación inicial de datos.
Generación de Pautas de Alimentación	El sistema genera una propuesta base de pauta alimentaria considerando objetivos, restricciones y alimentos disponibles en la base de datos nutricional.	Acelerar la creación de la pauta y entregar una base editable para ser revisada por el profesional.

Tabla 4: Ajustes casos de uso

Una vez ajustados los casos de uso, se procedió a la creación de un nuevo prototipo, el cual fue diseñado para simular las interacciones que los nutricionistas tendrían con la aplicación, enfocándose en las funcionalidades mejoradas por la Inteligencia Artificial. Al igual que en la iteración anterior, el prototipo se subió a un servidor de prueba para facilitar su acceso y uso.

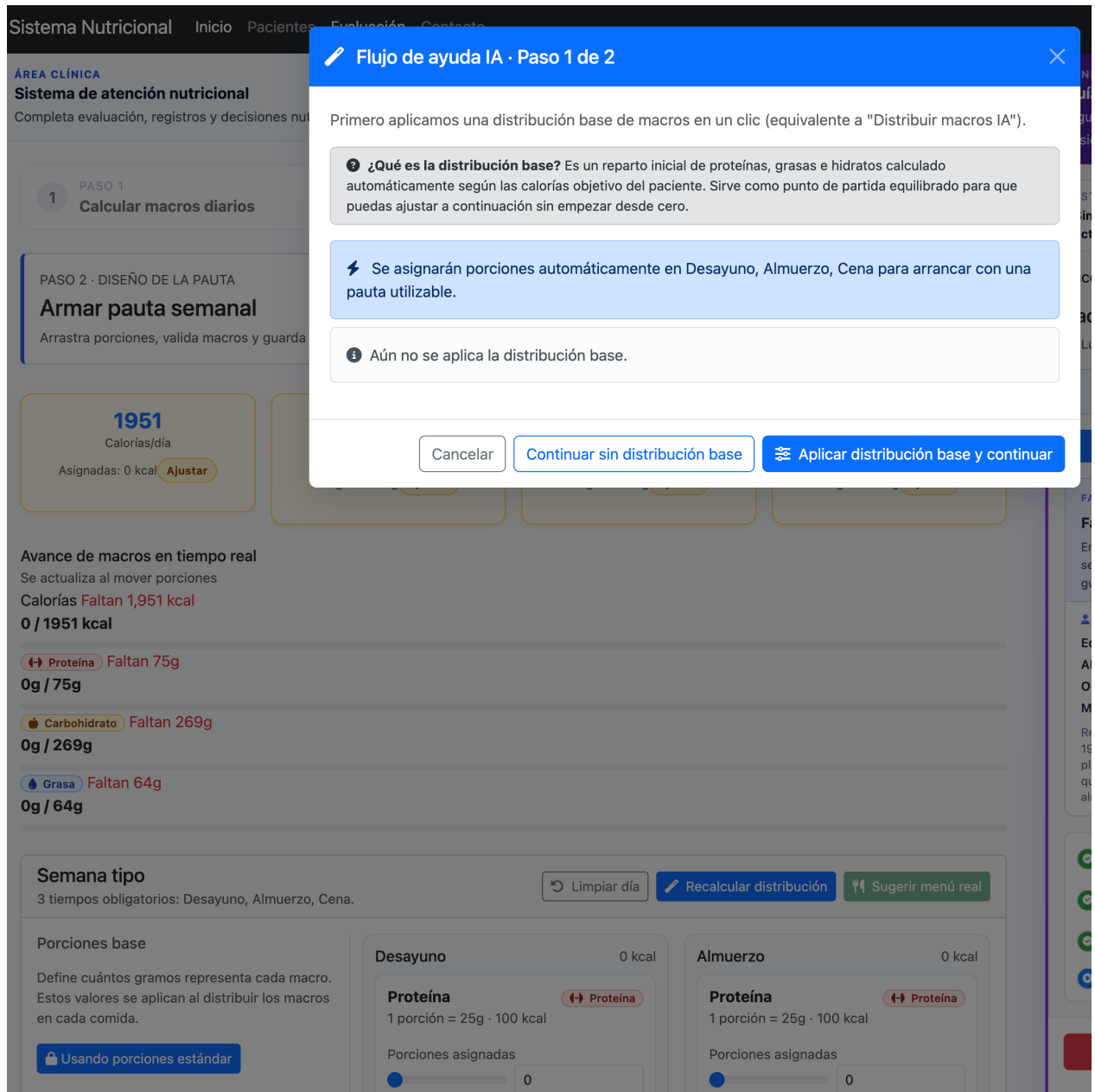


Figura 7: Generación de Pauta Asistida por IA

Se llevaron a cabo sesiones de validación con profesionales del área de nutrición, quienes interactuaron con el prototipo y realizaron los mismos casos de prueba que se utilizaron anteriormente. Durante estas sesiones, se midieron los tiempos necesarios para completar tareas específicas y se recogieron sus impresiones sobre la usabilidad del sistema, así como su percepción del valor agregado de la solución para realizar el flujo.

Nombre	Paciente A con IA	Paciente B con IA	Promedio con IA
Profesional 1	5:10	5:20	5:15
Profesional 2	4:50	5:05	4:58
Profesional 3	5:30	5:25	5:28

Nombre	Paciente A con IA	Paciente B con IA	Promedio con IA
Profesional 4	4:45	4:55	4:50
Profesional 5	5:15	5:10	5:13

Tabla 5: Mediciones (caso con IA)

3.3 Resultados

La hipótesis planteada al inicio del estudio afirmaba que la implementación de un software que utilizara Inteligencia Artificial mejoraría la eficiencia del trabajo de los nutricionistas en comparación con un sistema sin estas herramientas. A través de las pruebas realizadas con los escenarios definidos, se observó una disminución relevante en los tiempos requeridos para completar el flujo crítico de generación de pautas de alimentación.

Nombre	Paciente A sin IA	Paciente A con IA	Paciente B sin IA	Paciente B con IA	Promedio sin IA	Promedio con IA
Profesional 1	10:20	5:10	10:40	5:20	10:30	5:15
Profesional 2	9:40	4:50	10:10	5:05	9:55	4:58
Profesional 3	11:00	5:30	10:50	5:25	10:55	5:28
Profesional 4	9:30	4:45	9:50	4:55	9:40	4:50
Profesional 5	10:30	5:15	10:20	5:10	10:25	5:13
Indicador	Sin IA		Con IA		Diferencia	
Promedio general	10:17		5:09		-5:08	
Reducción porcentual	—		—		50% aprox.	

Tabla 7: Resultados

Los resultados muestran que, en promedio, la versión sin Inteligencia Artificial requirió 10 minutos y 17 segundos para completar el flujo crítico, mientras que la versión con Inteligencia Artificial requirió 5 minutos y 9 segundos. Esto representa una reducción aproximada del 50% en el tiempo necesario para completar la tarea.

Esta diferencia se explica principalmente porque el prototipo con Inteligencia Artificial entrega una propuesta inicial de pauta, recomendaciones personalizadas y apoyo en el análisis nutricional, reduciendo el esfuerzo manual requerido por el profesional. En cambio, en la versión sin IA, el nutricionista debe realizar una mayor cantidad de acciones de forma manual para revisar los datos del paciente, analizar la información nutricional y construir la pauta.

Si bien los resultados corresponden a una simulación basada en prototipos, permiten observar de forma preliminar que la incorporación de herramientas de Inteligencia Artificial podría generar una mejora importante en la eficiencia del proceso. Por lo tanto, los resultados obtenidos apoyan la hipótesis planteada, aunque deben ser interpretados como una aproximación inicial y no como una validación concluyente con una muestra amplia de profesionales.

4 Conclusiones

El presente trabajo tuvo como objetivo explorar la integración de herramientas de inteligencia artificial en un software de apoyo a nutricionistas, centrándose en la generación de pautas de alimentación. A través de la ingeniería de requisitos, se desarrollaron dos prototipos de baja resolución: uno que incorporó inteligencia artificial y otro que no. Las validaciones realizadas permitieron medir el rendimiento en términos de tiempo y el valor agregado percibido por los profesionales de la nutrición.

5.1 Alcances y Limitaciones

Los resultados de esta investigación aportan una primera aproximación sobre la viabilidad de incorporar Inteligencia Artificial en un software de apoyo a nutricionistas, específicamente en el proceso de generación de pautas de alimentación. El alcance del trabajo se centró en la aplicación de ingeniería de requisitos, la definición de casos de uso, la construcción de prototipos de baja resolución y la comparación de escenarios con y sin uso de Inteligencia Artificial.

Una de las principales limitaciones del estudio es que los resultados fueron obtenidos mediante simulaciones y prototipos no funcionales, por lo que no corresponden a una validación empírica completa con un sistema desarrollado en producción. Esto implica que los tiempos registrados permiten estimar el impacto potencial de la solución, pero no reemplazan una evaluación real con un grupo amplio de nutricionistas en condiciones de uso cotidiano.

Además, el prototipo de baja resolución permitió acelerar la evaluación y reducir costos de desarrollo, pero también limitó la experiencia de usuario, ya que no incorporó toda la lógica funcional que tendría una aplicación final. En particular, las funcionalidades de Inteligencia Artificial fueron representadas mediante resultados simulados, por lo que no se evaluó la precisión real de un modelo predictivo ni la calidad clínica de las recomendaciones generadas.

Otra limitación relevante es que la información nutricional considerada para el diseño de la solución se basó en fuentes de datos externas, como Food Data Central API, lo que podría requerir adaptaciones futuras para representar de mejor manera alimentos, preparaciones y hábitos propios del contexto chileno.

A pesar de estas limitaciones, el trabajo permite validar metodológicamente una forma de comparar dos propuestas de software antes de realizar un desarrollo completo, reduciendo el riesgo de invertir recursos en funcionalidades que podrían no generar valor para el usuario final.

5.3 Contribuciones y Aprendizajes

Entre las principales contribuciones del trabajo se destaca la documentación sistemática del proceso de ingeniería de requisitos aplicado a un software de apoyo a nutricionistas. A partir de este proceso fue posible definir metas, casos de uso, flujo crítico y prototipos comparables para evaluar dos alternativas de solución: una sin Inteligencia Artificial y otra con funcionalidades asistidas por IA.

Una segunda contribución corresponde al uso de prototipos (generados por IA) como mecanismo de validación temprana. Esta estrategia permitió representar el funcionamiento esperado del sistema sin requerir el desarrollo completo de la aplicación, facilitando la comparación entre ambos enfoques y reduciendo los costos asociados a una etapa inicial de evaluación.

El trabajo también permitió identificar que la Inteligencia Artificial puede aportar valor en tareas específicas del proceso nutricional, especialmente en aquellas asociadas al análisis preliminar del paciente, la generación de recomendaciones personalizadas y la construcción inicial de pautas de alimentación. Sin embargo, también se evidenció que estas herramientas deben ser entendidas como apoyo al profesional y no como reemplazo de su criterio técnico.

Finalmente, el proceso desarrollado puede ser utilizado como referencia para otros proyectos donde se busque evaluar, antes del desarrollo, si la incorporación de Inteligencia Artificial realmente genera valor frente a una

solución tradicional. Esto resulta especialmente relevante en contextos donde existen restricciones de tiempo, presupuesto o incertidumbre respecto del beneficio real de aplicar IA.

5.4 Aplicaciones e Impacto

La principal aplicación de este trabajo se encuentra en la etapa temprana de diseño de productos digitales, especialmente cuando una organización busca evaluar si una funcionalidad basada en Inteligencia Artificial justifica su desarrollo. En este caso, la comparación entre una solución con IA y una sin IA permitió visualizar de manera preliminar el posible impacto de estas herramientas sobre el tiempo requerido para completar el flujo crítico del sistema.

Desde el punto de vista del negocio, la metodología utilizada permite reducir incertidumbre antes de construir una solución completa. Al trabajar con prototipos, casos de uso y escenarios simulados, es posible validar el valor esperado de una funcionalidad antes de invertir en desarrollo, infraestructura, integración de modelos o contratación de servicios externos.

Es relevante mencionar, que dado una buena documentación de requisitos, al entregar esta información a un agente de programación el desarrollo de maquetas se vuelve extremadamente rápido.

En el contexto de la nutrición, el impacto potencial se relaciona con la posibilidad de disminuir el tiempo que el profesional dedica a tareas repetitivas o de construcción inicial de pautas. Esto podría permitir que el nutricionista concentre más tiempo en la revisión profesional, educación del paciente y seguimiento personalizado.

Asimismo, la incorporación de Inteligencia Artificial podría mejorar la escalabilidad del servicio, permitiendo atender una mayor cantidad de pacientes sin disminuir necesariamente la calidad de la atención. No obstante, este impacto debe ser validado en futuras etapas mediante pruebas con usuarios reales y prototipos funcionales.

5.5 Recomendaciones para Futuros Trabajos de Investigación

Para futuros trabajos de investigación se recomienda desarrollar un prototipo funcional que permita implementar de manera real las funcionalidades representadas en esta propuesta. Esto permitiría evaluar no solo la reducción de tiempos, sino también la precisión de las recomendaciones, la calidad de las pautas generadas y la confianza del nutricionista en los resultados entregados por el sistema. Si bien esto es más costoso en tiempo, los grandes avances tecnológicos de estos últimos años están trivializando los tiempos de desarrollo.

También sería recomendable ampliar la validación a un grupo mayor de nutricionistas, considerando distintos perfiles profesionales, como nutricionistas clínicos, deportivos, comunitarios o dedicados a consulta particular. Esto permitiría analizar si el valor percibido de la Inteligencia Artificial varía según el contexto de uso y el tipo de paciente atendido.

Otra línea futura corresponde a incorporar bases de datos nutricionales adaptadas al contexto chileno, incluyendo alimentos locales, preparaciones habituales y medidas caseras utilizadas comúnmente por los pacientes. Esto permitiría mejorar la pertinencia de las recomendaciones y aumentar la aplicabilidad del sistema en el mercado nacional.

Además, se recomienda evaluar aspectos éticos y de responsabilidad profesional asociados al uso de Inteligencia Artificial en salud. En particular, se debe definir claramente que el sistema entrega apoyo y sugerencias, pero que la decisión final debe permanecer siempre bajo responsabilidad del nutricionista.

Finalmente, sería valioso comparar distintos niveles de automatización, desde sistemas que solo entregan sugerencias hasta sistemas que generan pautas completas editables. Esto permitiría determinar qué nivel de asistencia resulta más útil, confiable y aceptable para los profesionales de nutrición.



Referencias

- [1] Sommerville Ian, “Ingeniería del Software”, Séptima edición, pag 33, 2005.
- [2] Sommerville Ian, “Ingeniería del Software”, Séptima edición, pag 83, 2005.
- [3] Pressman Roger S, “Ingeniería del Software: Un enfoque práctico”, Sexta edición, capítulo 7, 2005
- [4] Arias Michael, “La ingeniería de requerimientos y su importancia en el desarrollo de proyectos de software”, Revista InterSedes, Universidad de Costa Rica, 2005
- [5] H. M. Jimenez, “Diagramas de Casos de Uso IMPORTANCIA DE LOS CASOS DE USOS,”
www.academia.edu, Accessed: Aug. 13, 2023. [Online]. Available:
https://www.academia.edu/11093530/Diagramas_de_Casos_de_Uso_IMPORTANCIA_DE_LOS_CASOS_DE_USOS
- [6] “Perfil del Nutricionista,” www.med.ufro.cl. <https://www.med.ufro.cl/nutricion/index.php/nuestra-carrera/perfil-del-nutricionista>
- [7] “Clínica Las Condes – Líder en Atención,” www.clinicalascondes.cl.
<https://www.clinicalascondes.cl/CENTROS-Y-ESPECIALIDADES/Centros/Centro-de-Nutricion/Nutricion/Nutricionista>
- [8] Nutrium, “Nutrium | Software de Nutrición para Dietistas y Nutricionistas,” Nutrium.
<https://nutrium.com/es>
- [9] IBM, “What is Artificial Intelligence (AI)?”, IBM Think. <https://www.ibm.com/think/topics/artificial-intelligence>
- [10] M. Khosravi et al., “Artificial Intelligence and Decision-Making in Healthcare”, PMC, 2024.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10916499/>
- [11] T. P. T. Armand et al., “Applications of Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning in Nutrition: A Systematic Review”, PMC, 2024. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11013624/>
- [12] Y. Shokrollahi et al., “A Comprehensive Review of Generative AI in Healthcare”, arXiv, 2023.
<https://arxiv.org/abs/2310.00795>