



---

# SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO

## “SISTEMA EXPERTO NUTRICIONAL PARA CONDICIONES DE SALUD ESPECIFICIAS”

Adrián Julián Ramos Romero

---



# INDICE

DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	pg3
ALCANCE .....	pg4
LIMITES DE LA PROPUESTA.....	pg5
ESTUDIO DE VIABILIDAD.....	pg6
ADQUISICION DE CONOCIMIENTO.....	pg12
MAPA DE CONOCIMIENTO.....	pg19
VALIDACION DEL EXPERTO.....	pg20
EJEMPLOS.....	pg24
INFERENCIA BORROSA (FuzzyClips).....	pg26
GLOSARIO.....	pg30

# DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto consiste en desarrollar un sistema experto nutricional que proporcione recomendaciones de alimentos específicos para personas que padecen ciertas condiciones de salud. El sistema experto se enfocará en tres enfermedades comunes principalmente: la diabetes, la enfermedad cardiovascular y la enfermedad celiaca.

La importancia de crear un plan de alimentación saludable para estas enfermedades radica en que una dieta adecuada y equilibrada puede ayudar a controlar los síntomas, prevenir complicaciones y mejorar la calidad de vida de los pacientes. Además, una alimentación saludable es clave para prevenir el desarrollo de estas enfermedades en personas que tienen factores de riesgo.

Realizar una dieta para estas enfermedades implica conocer los alimentos que se deben incluir y los que se deben evitar, además es importante tener en cuenta que cada persona es diferente y la dieta debe ser personalizada de acuerdo con sus necesidades nutricionales y condiciones de salud. Es por ello por lo que, en el presente sistema, el conocimiento es brindado por un experto en salud nutricional capacitado y con experiencia en el campo, que ha adquirido conocimientos y habilidades para tratar de manera efectiva y personalizada a pacientes con diferentes condiciones de salud.

Para apoyar la visión global de estos tipos de sistemas, según un estudio publicado en la revista *Nutrients*, el uso de sistemas expertos en nutrición puede mejorar la adherencia a la dieta y los resultados clínicos en pacientes con diferentes condiciones de salud. En este sentido, el Sistema Experto Nutricional para Condiciones de Salud Específicas puede contribuir a mejorar la calidad de vida de los pacientes, reducir los costos de atención médica y mejorar la eficiencia en la atención de la salud.

Por otro lado, el uso de la tecnología en la salud está en constante crecimiento, y el mercado de sistemas expertos en nutrición también está en expansión. Según un informe de *MarketsandMarkets*, se espera que el mercado global de sistemas expertos en nutrición crezca a una tasa compuesta anual del 16,4% durante el período 2020-2025. Esto indica que existe una creciente demanda por parte de los consumidores y profesionales de la salud para acceder a soluciones tecnológicas que puedan mejorar la salud y el bienestar.

# ALCANCE

El propósito del proyecto es desarrollar un mecanismo computacional capaz de identificar y clasificar alimentos atendiendo a una serie de criterios impuestos por las enfermedades que se trataran.

Dada a la amplia y extensa variedad de tipos de enfermedades que ampara el campo, se ha establecido un dominio concreto para el proyecto, el cual abarca tres tipos de enfermedades:

- Diabetes
- Enfermedad cardiovascular
- Enfermedad celiaca

En particular, existen dos razones por las que se ha decidido elegir este colectivo.

En primer lugar, la alta prevalencia de las enfermedades. La diabetes, la enfermedad cardiovascular y la enfermedad celiaca son afecciones de salud muy comunes en todo el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud, la diabetes es una de las principales causas de muerte en el mundo y afecta a más de 420 millones de personas en todo el mundo. Por otro lado, la enfermedad cardiovascular se ha convertido en una epidemia global que afecta a más de 650 millones de personas en todo el mundo, y se ha relacionado con una serie de afecciones de salud graves, como enfermedades cardíacas. La enfermedad celiaca, aunque menos común, también afecta a millones de personas en todo el mundo y puede causar síntomas graves y complicaciones si no se maneja adecuadamente.

En segundo lugar, y por razones obvias, la complejidad nutricional de estas enfermedades. La diabetes, la enfermedad cardiovascular y la enfermedad celiaca son condiciones de salud que requieren un manejo nutricional específico y complejo.

## LIMITES DE LA PROPUESTA

Aunque se ha establecido un dominio concreto para el proyecto, que abarca tres tipos de enfermedades (diabetes, enfermedad cardiovascular y enfermedad celiaca), hay muchos otros tipos de enfermedades y afecciones de salud que no se tratan en el sistema.

Esto significa que, si bien el sistema puede ser útil para aquellas personas que padecen diabetes, enfermedad cardiovascular o enfermedad celiaca, no es adecuado para abordar otras condiciones de salud.

Al igual que con las enfermedades, pasa también con los tipos de nutrientes y sus respectivos alimentos, para los que se ha establecido un conjunto por sus amplias variedades, lo que supondrá proporcionar recomendaciones limitadas en términos de nutrición, ya que no se están considerando todos los nutrientes y alimentos que existen.

Por lo tanto, es importante comprender que este sistema experto nutricional es solo una herramienta útil para el manejo de ciertas condiciones de salud y que no debe ser considerado como una solución universal para todos los problemas de salud.

Además, otro factor importante a considerar es que el experto que proporciona la información tiene solo un año de experiencia laboral. Esto significa que su conocimiento puede ser limitado y que puede haber ciertas áreas en las que no tenga experiencia suficiente.

# ESTUDIO DE LA VIABILIDAD

En este punto vamos a analizar la viabilidad del proyecto para justificar su realización y la posible continuación de este. Al contar con un experto para la realización del sistema, aplicaremos la técnica del Test de Slagel; que nos garantizará que el proyecto es efectivo y puede ser utilizado de manera confiable para tomar decisiones en el ámbito de la nutrición.

El estudio de la viabilidad este compuesto por tres etapas:

1. Definición de características
2. Asignación de pesos a cada una de las características
3. Evaluación de cada aplicación candidata

En la definición de las características, hay que considerar las siguientes cuatro dimensiones:

- **Plausibilidad**: Es la dimensión que determina si se cuenta con los medios necesario para poder abordar la creación del proyecto.
- **Justificación**: Dimensión que analiza aspectos tales como la necesidad de la experiencia, es decir, el contexto que abarca la realización del proyecto, y la inversión a realizar donde se analizan los costes y el retorno de inversión y si existen soluciones alternativas
- **Adecuación**: Es la dimensión que estudio si el proyecto es adecuado para la metodología de realización de un sistema experto, o por el contrario es resoluble mediante el sentido común
- **Éxito**: En esta dimensión se determina las posibilidades de que el sistema se realiza de manera exitosa atendiendo a los recursos (tanto humanos como materiales) estén disponibles, la capacidad de las personas implicadas en el desarrollo del proyecto, que la comunicación entre implicados sea lo mas sencilla posible para un seguimiento correcto y avance adecuado del proyecto, la utilidad del sistema y que se adecue a lo esperado por el experto.

Sobre cada una de estas cuatro dimensiones se establece una categoría de aplicación, donde identifica a quien esta dirigida la tarea. Cada una de las tareas especificadas en el test pueden ser esenciales o deseables, donde las primeras no puede ser inferiores a 7. A cada una de las características se el asigna un peso entre 0 y 10 dependiendo de la importancia relativa de la misma.

A continuación, procederemos a el calculo de la viabilidad del proyecto haciendo uso del Test de Slagel:

- Evaluación de la plausibilidad

- Asignación de valores para la obtención de plausibilidad del proyecto

CAT.	IDEN. CAT.	PESO (P)	VALOR (V)	DENOMINACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA	TIPO
EX	P1	10	9	Existen expertos.	E
EX	P2	10	7	El experto asignado es genuino.	E
EX	P3	8	9	El experto es cooperativo.	D
EX	P4	7	8	El experto es capaz de articular sus métodos pero no categoriza.	D
TA	P5	10	8	Existen suficientes casos de prueba; normales, típicos, ejemplares, correosos, etcétera.	E
TA	P6	10	9	La tarea está bien estructurada y se entiende.	D
TA	P7	10	9	Solo requiere habilidad cognoscitiva (no pericia física).	D
TA	P8	9	8	No solo se precisan resultados óptimos sino sólo Satisfactorios, sin comprometer el proyecto	D
TA	P9	9	10	La tarea no requiere sentido común.	D
DU	P10	7	9	Los directivos están verdaderamente comprometidos con el proyecto	D

- Evaluación de la dimensión candidata

$$VC1 = \prod_{i=1,2,5} (V_{pi} // V_{ui}) \left[ \left( \prod_{i=1}^{10} P_{pi} * V_{pi} \right)^{1/10} \right]$$

$$VC1 = 76,3$$

- P2: El experto Ángel Alcubillas es licenciado en nutrición y dietética. En su último año ha colaborado con un equipo en la evaluación de hábitos alimenticios de clientes y desarrollando planes de alimentación personalizados para mejorar la salud de estos.
- P6: El proyecto esta especificado en su objetivo y acotado en un dominio concreto.
- P7: En ningún punto del trabajo realizaremos ningún tipo de pericia física.
- P9: El desarrollo del proyecto requiere un conocimiento alto de Nutrición y IA.

- Evaluación de la justificación

- Asignación de valores para la obtención de justificación del proyecto

CAT.	IDEN. CAT.	PESO (P)	VALOR (V)	DENOMINACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA	TIPO
EX	J1	10	9	El experto NO está disponible.	E
EX	J2	10	7	Hay escasez de experiencia humana.	D
TA	J3	8	8	Existe necesidad de experiencia simultánea en muchos lugares.	D
TA	J4	10	8	Necesidad de experiencia en entornos hostiles, penosos y/o poco gratificantes.	E
TA	J5	8	8	No existen soluciones alternativas admisibles.	E
DU	J6	7	10	Se espera una alta tasa de recuperación de la inversión	D
DU	J7	8	9	Resuelve una tarea útil y necesaria	E

- Evaluación de la dimensión candidata

$$VC2 = \prod_{i=1,4,5,7} (V_{ji} // V_{ui}) \left[ \left( \prod_{i=1}^7 P_{ji} * V_{ji} \right)^{1/7} \right]$$

$$VC2 = 73,60$$

- J1: El experto estará muy presente durante todo el proyecto.
- J2: Dado que el experto no ha trabajado en sistemas expertos anteriormente no se considera una experiencia muy alta.
- J4: No es necesaria la experiencia en entornos adversos.
- J5: No se han encontrado soluciones basadas en IA haciendo uso de lógica borrosa. para la recomendación de dietas en base a las enfermedades establecidas.



- Evaluación de la adecuación

- Asignación de valores para la obtención de justificación del proyecto

CAT.	IDEN. CAT.	PESO (P)	VALOR (V)	DENOMINACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA	TIPO
EX	A1	5	8	La experiencia del experto está poco organizada.	D
TA	A2	6	8	Tiene valor práctico.	D
TA	A3	7	9	Es una tare más práctica que estratégica.	D
TA	A4	7	8	La tarea da soluciones que sirvan a necesidades a largo plazo.	E
TA	A5	5	9	La tarea no es demasiado fácil, pero es de conocimiento intensivo, tanto propio del dominio, como de manipulación de información.	D
TA	A6	6	8	Es de tamaño manejable, y/o es posible un enfoque gradual y/o, una descomposición en subtarear independientes.	D
TA	A7	7	8	La transferencia de experiencia entre humanos es factible (experto a aprendiz).	E
TA	A8	6	8	Estaba identificada como un problema en el área y los efectos de la introducción de un SE pueden planificarse.	D
TA	A9	9	7	No requiere respuestas en tiempo real inmediato.	E
TA	A10	9	7	La tarea no requiere investigación básica.	E
TA	A11	5	8	El experto usa básicamente razonamiento simbólico que implica factores subjetivos.	D
TA	A12	5	8	Es esencialmente de tipo heurístico.	D

- Evaluación de la dimensión candidata

$$VC3 = \prod_{i=4,7,9,10} (V_{ai} // V_{ui}) \left[ \left( \prod_{i=1}^{12} P_{ai} * V_{ai} \right) \right]^{1/12}$$

$$VC3 = 50,09$$

- A2: Dada la prevalencia vigente de estas enfermedades, tiene un gran valor practico.
- A4: Existe una gran demanda por el ámbito de la salud para acceder a soluciones tecnológicas, donde la aplicación de este servicio sería de gran ayuda.
- A6: El tamaño del proyecto esta perfectamente delimitado por un enfoque en un solo colectivo de enfermedades para crear un prototipo inicial funcional
- A10: El conocimiento es dado por el experto, pero deseable conocimiento del dominio

- Evaluación del éxito
  - o Asignación de valores para la obtención del éxito del proyecto

CAT.	IDEN. CAT.	PESO (P)	VALOR (V)	DENOMINACIÓN DE LA CARACTERÍSTICA	TIPO
EX	E1	8	9	No se sienten amenazados por el proyecto, son capaces de sentirse intelectualmente unidos al proyecto.	D
EX	E2	6	7	Tienen un brillante historial en la realización de esta tarea.	D
EX	E3	5	8	Hay acuerdos en lo que constituye una buena solución a la tarea.	D
EX	E4	5	9	La única justificación para dar un paso en la solución es la calidad de la solución final.	D
EX	E5	6	7	No hay un plazo de finalización estricto, ni ningún otro proyecto depende de esta tarea.	D
TA	E6	7	9	No está influenciada por vaivenes políticos.	E
TA	E7	8	7	Existen ya SSEE que resuelvan esa o parecidas tareas.	D
TA	E8	8	7	Hay cambios mínimos en los procedimientos habituales.	D
TA	E9	5	9	Las soluciones son explicables o interactivas.	D
TA	E10	7	9	La tarea es de I+D o de carácter práctico, pero no ambas cosas simultáneamente.	E
DU	E11	6	9	Están mentalizados y tienen expectativas realistas tanto en el alcance como en las limitaciones.	D
DU	E12	7	9	No rechazan de plano esta tecnología.	E
DU	E13	6	9	El sistema interactúa inteligente y amistosamente con el usuario.	D
DU	E14	9	7	El sistema es capaz de explicar al usuario su razonamiento.	D
DU	E15	8	9	La inserción del sistema se efectúa sin traumas; es decir, apenas se interfiere en la rutina cotidiana de la empresa.	D
DU	E16	6	10	Están comprometidos durante toda la duración del proyecto, incluso después de su implantación.	D
DU	E17	8	8	Se efectúa una adecuada transferencia tecnológica.	E

- o Evaluación de la dimensión candidata

$$VC4 = \prod_{i=6,10,12,17} (V_{ei} // V_{ui}) \left[ \left( \prod_{i=1}^{17} P_{ei} * V_{ei} \right)^{\frac{1}{17}} \right]$$

$$VC4 = 55,19$$

- E2: No existe una larga experiencia laboral por parte del experto, pero sí que una gran toma de conocimientos la lo largo de su trayectoria.
- E3: Las reuniones aspiran a ser frecuentes con el experto.
- E9: Cada paso será documentado para una correcta comprensión del proyecto.
- E10: Las tareas serán perfectamente delimitables durante todo el proyecto.
- E11: Se ha acotado el amplio campo de enfermedades eligiendo solo un colectivo
- E13: Sera un sistema de ayuda a la toma de decisiones de manera eficaz.
- E16: La realización del proyecto tiene una posible proyección a futuro por parte de los interesados.

- Evaluación de la viabilidad del sistema

Para evaluar el sistema, procederemos al ultimo caso en el que se calculara la media de todos los valores de las aplicaciones candidatas:

$$VC = \sum_{i=1}^4 VC_i / 4$$

$$VC = 63,80$$

Una vez obtenido el valor de la aplicación candidata se calcula el porcentaje de viabilidad del proyecto:

$$Viabilidad \% = \frac{VC - 100}{VCMax}$$

$$VCMax = 76,21$$

$$Viabilidad \% = 83,71\%$$

De acuerdo con los resultados de la evaluación el proyecto es altamente fiable.

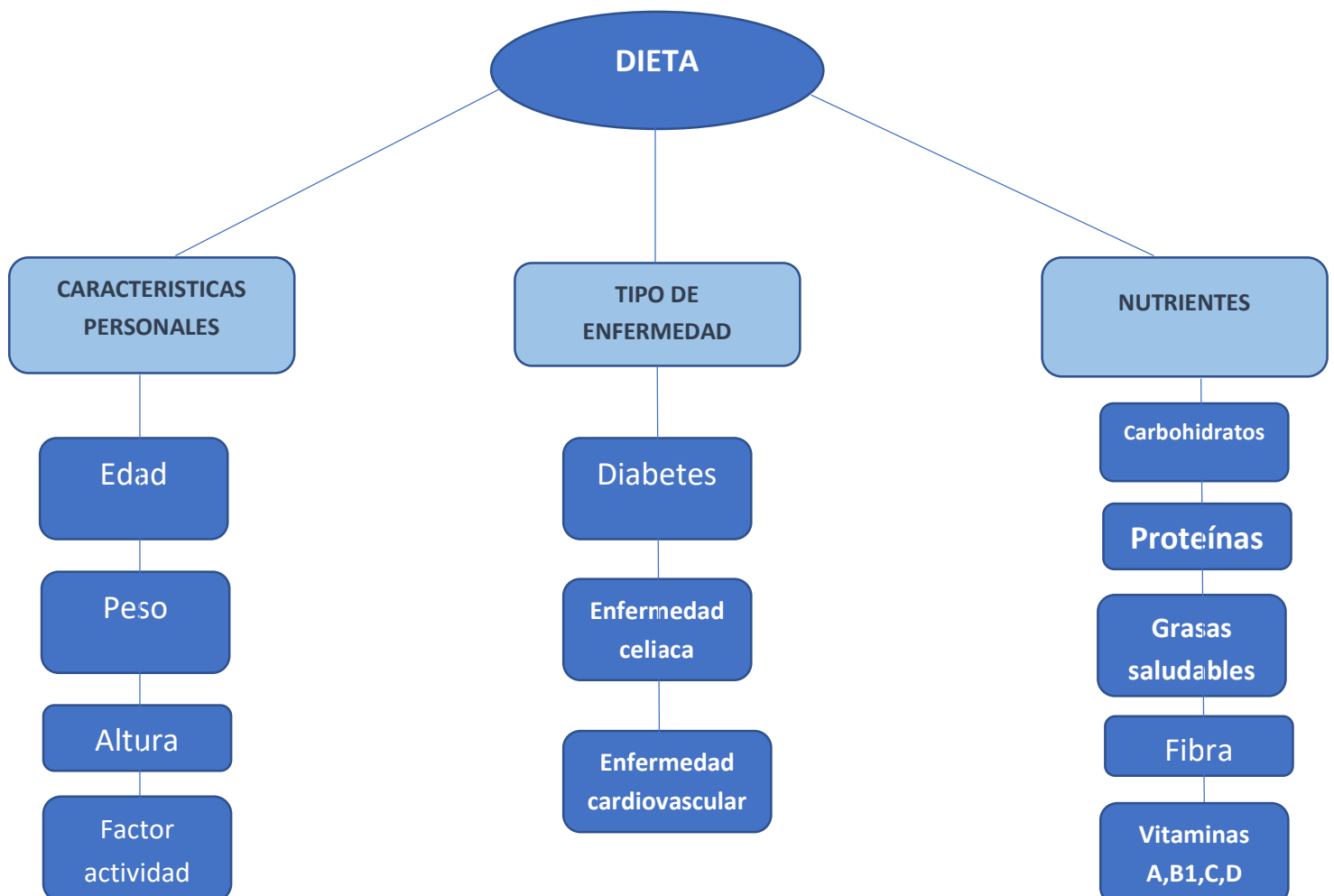
## ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO Y CONCEPTUALIZACION

Una vez establecido el tema a tratar en el proyecto y el alcance de este, se procede a el proceso de adquisición de conocimiento; fundamental para la identificación, extracción y posterior codificación de nuestro sistema experto.

Para ello se ha utilizado un método de adquisición de conocimiento estructurado y directo. Este método consiste en entrevistar a nuestro experto el área de nutrición y hacerle preguntas específicas para extraer todo el conocimiento necesario. Durante la entrevista, el experto nos proporcionará la información y conocimiento que se documenta y se organiza en una estructura lógica y coherente, para que podamos construir una taxonomía como representación jerárquica que nos permitirá captar los conceptos clave y las relaciones relevantes entre entidades de nuestro dominio principal: LA DIETA.

Como se ha presentado, una taxonomía es una representación jerárquica del conocimiento que permite captar los conceptos clave y las relaciones relevantes. Esta conceptualización puede permitirnos caracterizar cada específico de cada persona con una respectiva dieta adecuada.

### **TAXONOMIA GENERAL SOBRE LA DIETA PARA CONDICIONES DE SALUD ESPECIFICAS**



Se pueden distinguir tres partes principales las cuales son importantes porque permiten una clasificación exhaustiva de las características y necesidades nutricionales de cada usuario. A continuación, se explican las características generales de cada uno:

- Características personales
  - Contiene información personal del usuario que es esencial para determinar sus necesidades nutricionales, como la edad, la altura, el peso y la actividad física. Estos datos se utilizan para calcular el índice de masa corporal (IMC), que es un indicador importante para determinar las necesidades de calorías y nutrientes de una persona.
- Tipo de enfermedad
  - Contiene información sobre las enfermedades que pueden influir en las necesidades nutricionales de cada persona. Este incluye la diabetes, la enfermedad celíaca y la enfermedad cardiovascular. Cada una de estas condiciones tiene necesidades nutricionales específicas que deben tenerse en cuenta al diseñar una dieta saludable.
- Nutrientes
  - Contiene información sobre los nutrientes que nuestro cuerpo necesita en grandes cantidades. Los nodos hojas de este nodo incluyen las proteínas, la fibra, las grasas saludables, los carbohidratos y vitaminas A, B1, C, D. Cada uno de estos nutrientes tiene un papel importante en la salud y el bienestar del cuerpo humano y se deben considerar cuidadosamente en el diseño de una dieta equilibrada y saludable.

De esta taxonomía se pueden extraer conclusiones parciales desde los nodos hojas hasta su núcleo, y a su vez implementar una base de conocimiento con reglas borrosas.

A continuación, se describen brevemente las características de cada uno de los nodos hojas, detallando las razones por las cuales se han tomado como fundamentales para la definición de una dieta, y especificando los valores que pueden tomar dentro de nuestro sistema experto:

- Características personales
  - Edad: La edad es un factor importante para determinar las necesidades nutricionales de una persona. A medida que envejecemos, nuestras necesidades nutricionales cambian, y se requiere elegir adecuadamente los alimentos para satisfacer nuestras necesidades nutricionales

EDAD		
VALORES	Etapas	Rangos
	CRIO	[1,17]
	JOVEN	[18-30]
	ADUTLO	[31-64]
	MAYOR	[65-130]

- Altura: La altura es un factor importante para considerar en la evaluación del índice de masa corporal (IMC) de una persona. El IMC se utiliza para determinar el rango de peso de una persona.
- Peso: Al igual que la altura, este es un factor a tener en cuenta a la hora de calcular el IMC de cada persona. Las personas con un peso saludable necesitan un número diferente de calorías que las personas con sobrepeso.

	Valores
	(min, Max)
<b>ALTURA</b>	(0,00; 3,00)
<b>PESO</b>	(0,300)



INDICE MASA CORPORAL (IMC)		
	Clases	Rangos
VALORES	Exceso peso	[30; 40]
	Sobrepeso	[25; 29,9]
	Peso normal	[18,5; 24,9]
	Bajo peso	[1; 18]

- Actividad física: La actividad física es importante para la salud en general y también influye en las necesidades nutricionales de una persona. Las personas que son más activas físicamente necesitan más calorías para mantener su energía y reparar los músculos después del ejercicio. También pueden necesitar más proteínas para ayudar en la recuperación muscular. Por otro lado, las personas sedentarias pueden necesitar menos calorías y menos proteínas, pero deben enfocarse en alimentos densos en nutrientes para satisfacer sus necesidades nutricionales.

	ACTIVIDAD FISICA	
	Clases	Rangos
VALORES	Sedentario	[0; 10]
	Actividad ligera	[11; 25]
	Actividad moderada	[25; 40]
	Actividad intensa	[41; 420]

➤ Tipo de enfermedad

- Diabetes: La diabetes es una enfermedad metabólica en la que el cuerpo no puede producir suficiente insulina o no puede utilizarla adecuadamente. Esto puede resultar en niveles altos de azúcar en la sangre, lo que puede tener efectos graves en la salud. Para las personas con diabetes, es importante controlar la ingesta de carbohidratos y azúcares para mantener niveles de azúcar en la sangre estables. Por lo tanto, es fundamental considerar los carbohidratos en la dieta para las personas con diabetes.
- Enfermedad celiaca: La enfermedad celíaca es una condición en la que el cuerpo no puede tolerar el gluten. Las personas con enfermedad celíaca deben evitar alimentos que contienen gluten, lo que puede hacer que sea difícil obtener suficientes nutrientes de ciertos alimentos. Por lo tanto, es fundamental considerar una dieta sin gluten para las personas con enfermedad celíaca.
- Enfermedad Cardiovascular: Las enfermedades cardiovasculares son un conjunto de trastornos que afectan al corazón y los vasos sanguíneos. La nutrición es importante con relación a este tipo de enfermedad, porque ciertos nutrientes, como las grasas saturadas, se han relacionado con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares. Por otro lado, otros nutrientes, como las fibras, pueden ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

TIPO DE ENFERMEDAD
DIABETES
E. CELIACA
E. CARDIOVASCULAR

➤ Nutrientes

- Carbohidratos: Son la principal fuente de energía para el cuerpo. Proporcionan glucosa, que es utilizada por las células para obtener energía. Los carbohidratos también son importantes para la función cerebral y el sistema nervioso central.
- Proteínas: Esenciales para el crecimiento y la reparación de tejidos del cuerpo, como los músculos, la piel y el cabello. También son necesarias para la producción de hormonas y enzimas importantes para el cuerpo
- Grasas saludables: Son esenciales para el crecimiento y desarrollo celular. También son necesarias para la absorción de vitaminas solubles en grasa, como la vitamina A, D, E y K. Además, las grasas saludables pueden reducir el riesgo de enfermedades cardíacas y mejorar la salud general.
- Fibra: fundamental para la regulación del sistema digestivo, control de apetito y la saciedad, además de que puede controlar los niveles de azúcar en sangre, colesterol y presión arterial.
- Vitamina A: es esencial para el sistema inmunológico. Tiene propiedades antioxidantes, que pueden ayudar a prevenir enfermedades crónicas como enfermedades cardíacas.
- Vitamina B1: también conocida como tiamina, es necesaria para la función del sistema nervioso y para convertir los alimentos en energía.
- Vitamina C: es un antioxidante que ayuda a mantener el sistema inmunológico saludable. La vitamina C también es necesaria para la producción de colágeno, que es importante para la piel, los huesos y los tejidos conectivos.
- Vitamina D: es esencial para la absorción de calcio y fósforo, lo que es importante para la salud ósea. La vitamina D también puede desempeñar un papel en la prevención de enfermedades crónicas como la diabetes, las enfermedades cardíacas

NUTRIENTES	
	Alimentos
CARBOHIDRATOS	Arroz integral
	Patata
	Avena
	Productos lácteos
	Legumbres
PROTEINAS	Pollo
	Pescado
	Huevos
	Yogur griego



	Cacahuetes
<b>GRASAS SALUDABLES</b>	Aguacate Nueces Aceite oliva Leche entera Anacardos
<b>FIBRA</b>	Frijoles Brócoli Almendras Espinacas Fruta
<b>VITAMINA A</b>	Yema de huevo Hortalizas de hoja verde Productos lácteos
<b>VITAMINA B1</b>	Guisantes Semillas Productos integrales
<b>VITAMINA C</b>	Tomate Brócoli Cítricos
<b>VITAMINA D</b>	Salmon Caballa Cereales enriquecidos

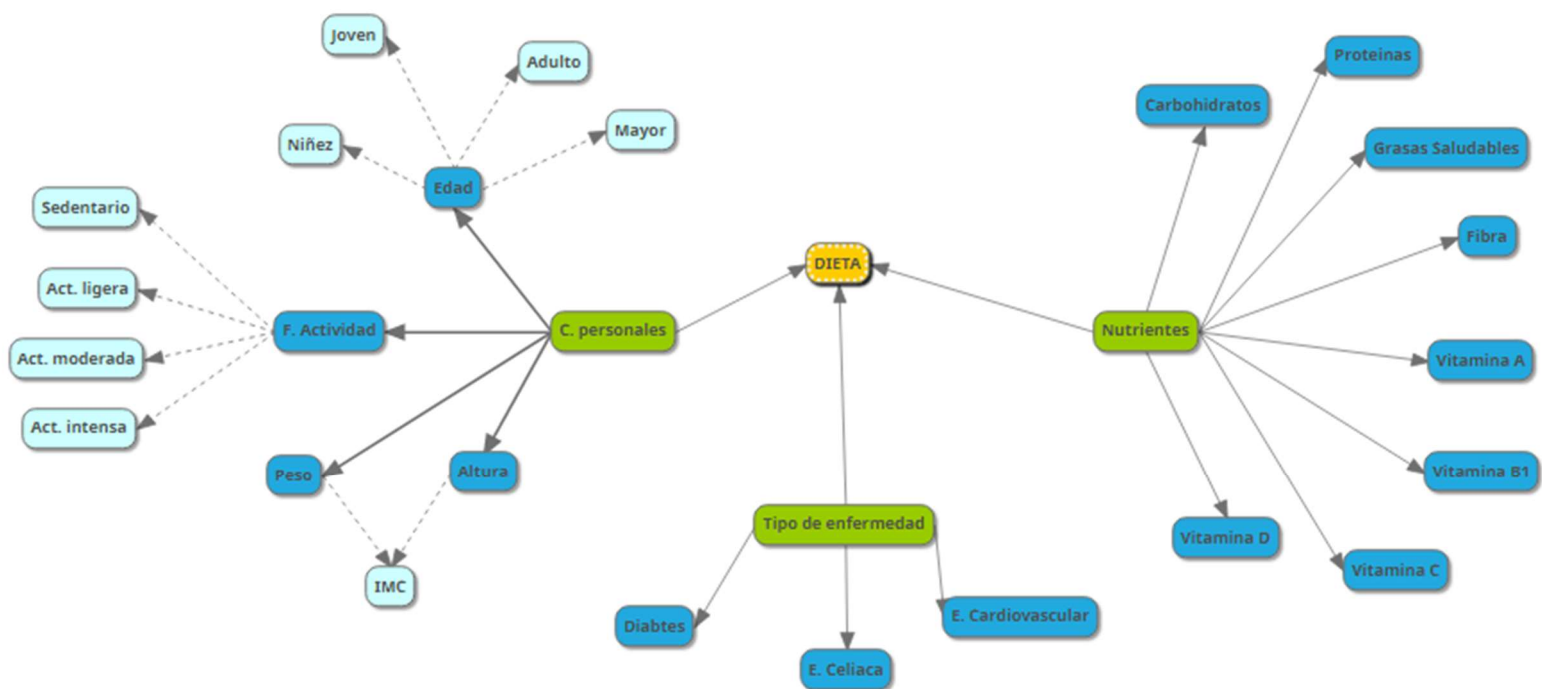
Dada la amplia y extensa variedad de alimentos que amparan los distintos tipos de nutrientes, se han seleccionado un colectivo para los cuatro campos que se presentan.

Para cada grupo de nutrientes se han seleccionado tres alimentos distintos, seleccionados por diversas razones:

- Valor nutricional: Los alimentos mencionados son ricos en sus nutrientes esenciales como carbohidratos complejos, proteínas de alta calidad, grasas saludables... También son alimentos integrales y no procesados, lo que significa que son más nutritivos que los alimentos procesados y refinados.
- Disponibilidad: Estos alimentos son ampliamente disponibles y se consumen comúnmente en muchas culturas en todo el mundo, lo que los hace fáciles de encontrar y agregar a la dieta diaria.
- Variedad: El uso de diferentes tipos de alimentos en cada categoría nos proporciona una variedad de opciones para los consumidores.
- Evidencia científica: Los alimentos seleccionados como colectivo tienen evidencia científica que respalda su beneficio para la salud y su papel en una dieta equilibrada.

### TAXONOMIA COMPLETA SOBRE LA DIETA PARA CONDICIONES DE SALUD ESPECIFICAS

Para representar toda la adquisición de conocimiento del proceso de razonamiento se expone la taxonomía completa del sistema :



En el diseño de la taxonomía podemos observar los tres grupos principales mencionados anteriormente, representados como nodos.

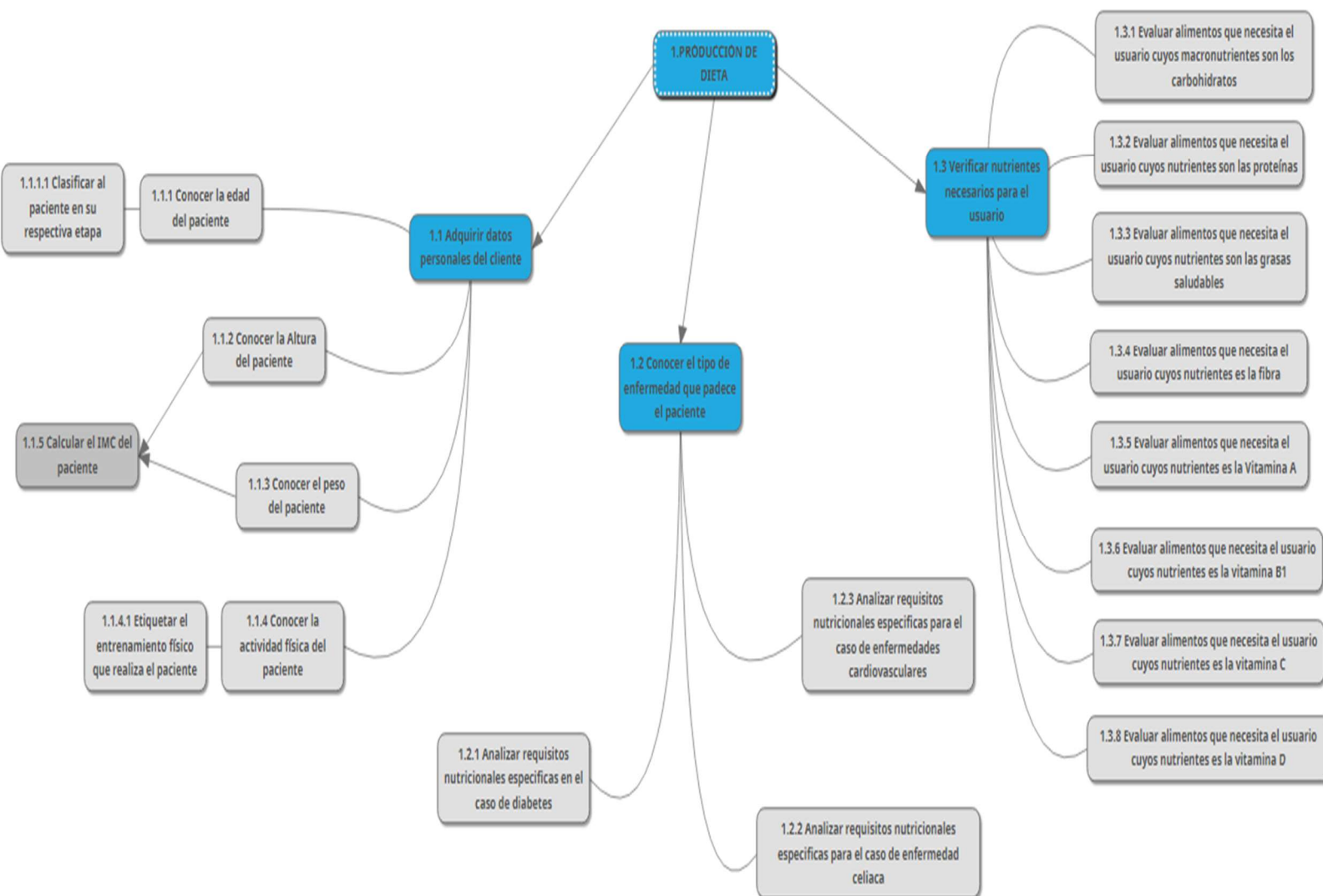
- El primer conjunto de nodos en el mapa de conocimiento corresponde a los datos de entrada que se necesitan para generar una dieta personalizada. Estos nodos incluyen la edad, altura, peso y actividad física del usuario. A partir de estos datos, el sistema experto puede calcular las necesidades nutricionales del usuario.
- El segundo conjunto de nodos corresponde a las enfermedades que el sistema experto es capaz de manejar. En este caso, los nodos corresponden a diabetes, enfermedad

cardiovascular y enfermedad celiaca. El sistema experto utiliza esta información para adaptar la dieta a las necesidades específicas de cada enfermedad.

- El tercer conjunto de nodos corresponde a los grupos de nutrientes que el sistema experto utiliza para generar la dieta personalizada. En este caso, los nodos corresponden a carbohidratos, proteínas, grasas y fibra. Dentro de cada uno de los grupos se encuentran una serie de nodos correspondientes a los alimentos seleccionados para cada uno de los grupos. El sistema experto utiliza esta información para asegurarse de que la dieta sea equilibrada y satisfaga las necesidades nutricionales del usuario, además de generar una lista de alimentos que el usuario puede consumir en función de sus necesidades nutricionales y preferencias personales.

## MAPA DE CONOCIMIENTOS

Además, para representar completamente el razonamiento del experto se ilustrará el mapa de conocimientos donde se detallan los pasos y subpasos, además de las metas que sigue el experto para resolver cualquier tipo de expediente.



## EJEMPLO DE GENERACION DE DIETA DE UN PACIENTE BASADO EN SUS DATOS

### PARA LA VALIDACION DEL EXPERTO

Supongamos que el sistema experto nutricional recibe los siguientes datos personales de un paciente:

- Edad: 35 años
- Altura: 1.70 metros
- Peso: 100 kilogramos
- Actividad física (minutos por día): 20 minutos
- Tipo de Enfermedad: diabetes

A partir de esta información, el sistema experto nutricional seguiría los siguientes pasos para generar una dieta personalizada para este paciente:

1. Clasificación de datos personales: el sistema experto utiliza una clasificación a partir de los datos de edad, altura, peso y actividad física del paciente para poder satisfacer las necesidades nutricionales
  - a. Edad: el paciente presenta una edad de 35 años por lo tanto lo clasifica en el grupo de 'adulto'
  - b. Altura y peso: ambos valores son necesarios para el cálculo del índice de masa corporal
$$IMC = \frac{peso}{altura^2} = \frac{100}{1,7^2} = 34,60 \rightarrow 34,60 \text{ clasificado como exceso-Peso}$$
  - c. Actividad física: el paciente realiza una actividad física de 20 minutos al día por lo tanto lo clasifica en el grupo de 'actividad-Ligera'
2. Adaptar la dieta a la enfermedad del paciente: Le indicamos al sistema experto que el paciente sufre de diabetes, por lo que debe adaptar la dieta a las necesidades específicas de esta enfermedad.
3. Equilibrar la dieta en nutrientes necesarios: El sistema experto utiliza la información de los grupos de nutrientes y alimentos disponibles para generar una dieta equilibrada para el paciente. Para ello hace uso de una serie de reglas predefinidas.

- Reglas utilizadas para este paciente:

```
(defrule clasificacion-adulto  
  
  (paciente (edad ?edad))  
  
  (test (and (>= ?edad 31) (<= ?edad 64)))  
  
  =>  
  
  (assert (etapa "adulto"))  
  
  )
```

Esta primera regla clasifica al paciente como adulto si su edad se encuentra dentro del rango de [31-64].

```
(defrule necesidad-adulto  
  
  (paciente (edad ?edad))  
  
  (etapa "adulto")  
  
  =>  
  
  (assert (nutriente "vitaminaC"))  
  
  )
```

Esta segunda regla es activada tras detectar que el paciente es clasificado como 'adulto' y añade el tipo de nutriente conveniente para ese tipo

```
(defrule clasificacion-exceso-peso  
  
  (paciente (altura ?altura) (peso ?peso))  
  
  (test (>= (/ ?peso (* ?altura ?altura)) 30))  
  
  (test (<= (/ ?peso (* ?altura ?altura)) 40))  
  
  =>  
  
  (assert (tipo-peso "excesoPeso"))  
  
  )
```

Esta tercera regla clasifica al paciente como 'excesoPeso' si tras hacer el cálculo con su altura y peso, su IMC se encuentra dentro del rango de [29.9- 40].

```

(defrule necesidad-exceso-peso

  (paciente (altura ?altura) (peso ?peso))

  (tipo-peso "excesoPeso")

  =>

  (assert (nutriente "grasas saludables"))

)

```

Tras haber sido clasificado al paciente en 'excesoPeso' se activa esta regla, la cual añade los nutrientes específicos para este caso

```

(defrule clasificacion-actividad-ligera

  (paciente (actividadfisica ?actividadfisica))

  (test (and (>= ?actividadfisica 11) (<= ?actividadfisica 25)))

  =>

  (assert (ejercicio-fisico "actividadLigera"))

)

```

La quinta regla en activarse comprueba que los minutos de actividad física que realiza al día, y lo clasifica. En este caso el paciente es etiquetado en "actividadLigera"

```

(defrule necesidad-actividad-ligera

  (paciente (actividadfisica ?actividadfisica))

  (ejercicio-fisico "actividadLigera")

  =>

  (assert (nutriente "vitaminaB1"))

)

```

A continuación, será activada la regla cuya necesidad cubra el caso donde el paciente sea clasificado como "actividadLigera" y se le asignará el nutriente adecuado

```
(defrule clasificacion-diabetes

    (paciente(tipo_enfermedad diabetes))

=>

    (assert(tipo_enfermedad "diabetes"))

)
```

La 6 regla en activarse, es la que indicara el tipo de enfermedad que presenta el paciente, en este caso 'diabetes'

```
(defrule necesidad-diabetes

    (paciente(tipo_enfermedad
?tipo_enfermedad))

    (tipo_enfermedad "diabetes")

=>

    (assert (nutriente "vitaminaC"))

)
```

Y como consecuencia de que el paciente tenga 'diabetes' se activa la regla cuya necesidad cubra los requerimientos de esta enfermedad

Tras la realización de varias pruebas para validar el buen funcionamiento por parte de nuestro experto, podemos decir que el sistema ha pasado una evaluación positiva de su precisión y eficacia.

El hecho de que el experto haya corroborado el buen funcionamiento del sistema sugiere que este ha sido diseñado y programado de manera adecuada, y que las recomendaciones proporcionadas por el sistema están de acuerdo con lo que nuestro experto en el campo consideraría como apropiado y efectivo.

## EJEMPLOS DEL SISTEMA EXPERTO

### - Ejemplo 1

#### Datos de entrada del paciente:

```
Ingrese la edad del paciente: 56
Ingrese la altura del paciente: 1.86
Ingrese el peso del paciente: 95
Ingrese la actividad fisica del paciente (minutos por dia): 34
Ingrese el tipo de enfermedad que padece el paciente: enfermedadCardiovascular
```

---

#### Dieta generada para el paciente:

```
- El paciente requiere una dieta rica en: vitaminaC
Es recomendable agregar alimentos(VITAMINA_C) como:Tomate, Brocoli y citricos
- El paciente requiere una dieta rica en: proteinas
Es recomendable agregar alimentos(PROTEINAS) como: Pollo, Pescado, Huevos y Lacteos
- El paciente requiere una dieta rica en: fibra
Es recomendable agregar alimentos(FIBRA) como:Espinacas, Almendras, Brocoli y Fruta
```

---

#### Conjunto de reglas que se han activado:

```
f-0 (initial-fact)
f-1 (paciente (edad 56) (altura 1.86) (peso 95) (actividadfisica 34) (tipo_enfermedad enfermedadCardiovascular))
f-2 (etapa "adulto")
f-3 (nutriente "vitaminaC")
f-4 (tipo-peso "sobrePeso")
f-5 (nutriente "proteinas")
f-6 (ejercicio-fisico "actividadModerada")
f-7 (tipo_enfermedad "enfermedadCardiovascular")
f-8 (nutriente "fibra")
```

---

### - Ejemplo 2

#### Datos de entrada del paciente:

```
Ingrese la edad del paciente: 23
Ingrese la altura del paciente: 1.90
Ingrese el peso del paciente: 60
Ingrese la actividad fisica del paciente (minutos por dia): 45
Ingrese el tipo de enfermedad que padece el paciente: diabetes
```

---



### Dieta generada para el paciente:

- El paciente requiere una dieta rica en: carbohidratos  
Es recomendable agregar alimentos(CARBOHIDRATOS) como: Arroz, Avena, Legumbres y Patata

- El paciente requiere una dieta rica en: vitaminaA  
Es recomendable agregar alimentos(VITAMINA\_A) como:Yema de huevo, Hortalizas de hoja verde y Productos lacteos

- El paciente requiere una dieta rica en: grasas saludables  
Es recomendable agregar alimentos(GRASAS) como: Aguacate, Nueces, Aceite Oliva y Anacardos

- El paciente requiere una dieta rica en: vitaminaC  
Es recomendable agregar alimentos(VITAMINA\_C) como:Tomate, Brocoli y citricos

### Conjunto de reglas que se han activado:

```
f-0      (initial-fact)
f-1      (paciente (edad 23) (altura 1.9) (peso 60) (actividadfisica 45) (tipo_enfermedad diabetes))
f-2      (etapa "joven")
f-3      (nutriente "carbohidratos")
f-4      (tipo-peso "bajoPeso")
f-5      (nutriente "vitaminaA")
f-6      (ejercicio-fisico "actividadIntensa")
f-7      (nutriente "grasas saludables")
f-8      (tipo_enfermedad "diabetes")
f-9      (nutriente "vitaminaC")
```

### - Ejemplo 3

### Datos de entrada del paciente:

```
Ingrese la edad del paciente: 12
Ingrese la altura del paciente: 1.60
Ingrese el peso del paciente: 1.50
Ingrese la actividad fisica del paciente (minutos por dia): 10
Ingrese el tipo de enfermedad que padece el paciente: enfermedadCeliaca
```

### Dieta generada para el paciente:

- El paciente requiere una dieta rica en: proteinas  
Es recomendable agregar alimentos(PROTEINAS) como: Pollo, Pescado, Huevos y Lacteos

- El paciente requiere una dieta rica en: fibra  
Es recomendable agregar alimentos(FIBRA) como:Espinacas, Almendras, Brocoli y Fruta

- El paciente requiere una dieta rica en: vitaminaB1  
Es recomendable agregar alimentos(VITAMINA\_B1) como:Guisantes, Semillas y Productos integrales

### Conjunto de reglas que se han activado:

```
f-0      (initial-fact)
f-1      (paciente (edad 12) (altura 1.6) (peso 1.5) (actividadfisica 10) (tipo_enfermedad enfermedadCeliaca))
f-2      (etapa "crio")
f-3      (nutriente "proteinas")
f-4      (ejercicio-fisico "sedentario")
f-5      (nutriente "fibra")
f-6      (tipo enfermedad "enfermedadCeliaca")
f-7      (nutriente "vitaminaB1")
```

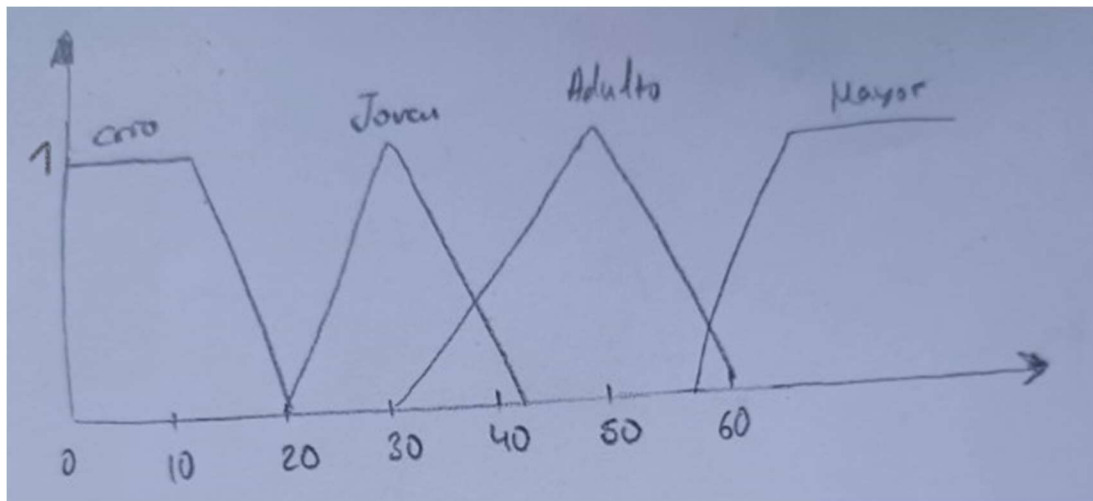
## FUZZY CLIPS

En esta sección final del trabajo, nos enfocaremos en una adaptación como ejemplo de inferencia borrosa (tipo Mamdani) relacionada con el sistema e implementada en FUZZYCLIPS.

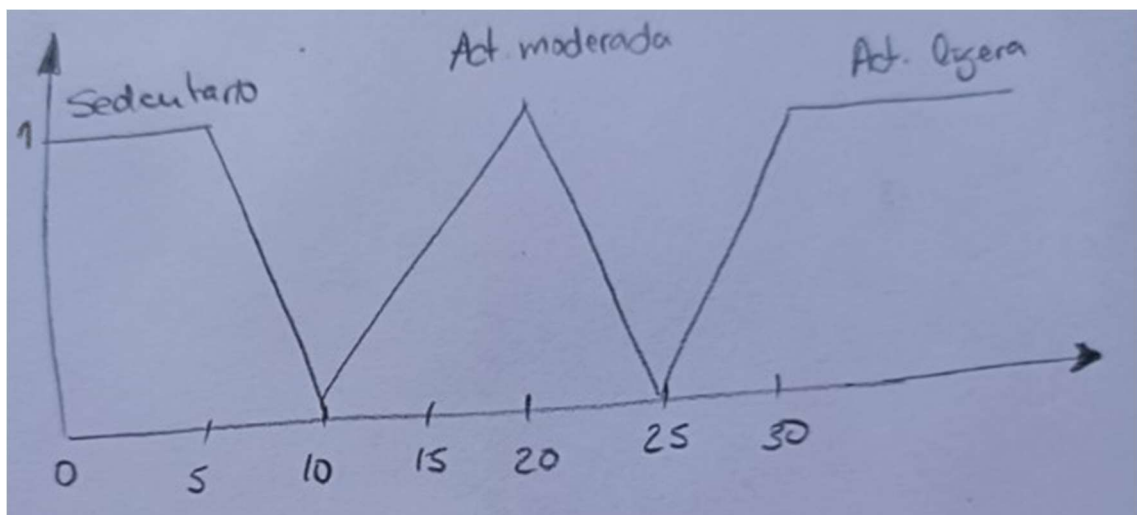
En mi adaptación de un sistema experto utilizando FuzzyClips, exploraremos cómo esta tecnología puede ayudar a mejorar la toma de decisiones en un contexto específico.

En este caso, trabajaremos con los conjuntos de 'edad' y 'actividad física' para los cuales se han definido una serie de etiquetas lingüísticas que van a describir los estados de las variables.

### - Edad



### - Actividad física

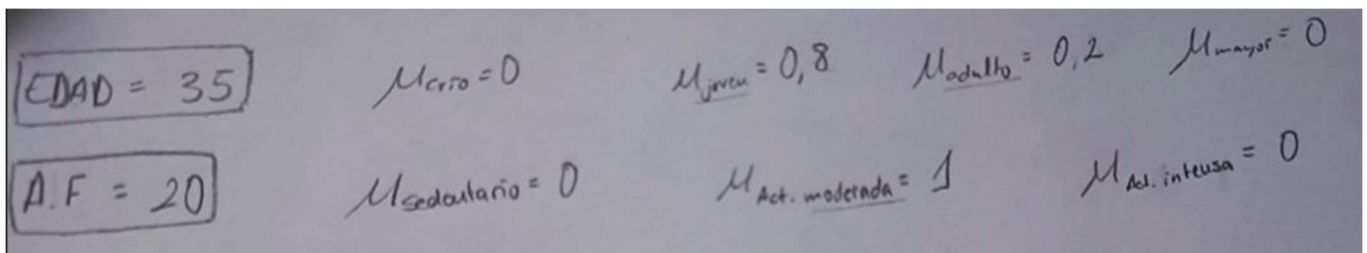


A continuación, se presenta el conjunto de reglas que se han implementado para la adaptación:

- R1:** si EDAD es crio y ACTIVIDAD FISICA es sedentario entonces KC muy poco
- R2:** si EDAD es joven y ACTIVIDAD FISICA es sedentario entonces KC media
- R3:** si EDAD es adulto y ACTIVIDAD FISICA es sedentario entonces KC media
- R4:** si EDAD es mayor y ACTIVIDAD FISICA es sedentario entonces KC poco
- R5:** si EDAD es crio y ACTIVIDAD FISICA es actividad moderada entonces KC poco
- R6:** si EDAD es joven y ACTIVIDAD FISICA es actividad moderada entonces KC alta
- R7:** si EDAD es adulto y ACTIVIDAD FISICA es actividad moderada entonces KC alta
- R8:** si EDAD es mayor y ACTIVIDAD FISICA es actividad moderada entonces KC medio
- R9:** si EDAD es crio y ACTIVIDAD FISICA es actividad intensa entonces KC medio
- R10:** si EDAD es joven y ACTIVIDAD FISICA es actividad intensa entonces KC muy alta
- R11:** si EDAD es adulto y ACTIVIDAD FISICA es actividad intensa entonces KC muy alta
- R12:** si EDAD es mayor y ACTIVIDAD FISICA es actividad intensa entonces KC alta

Para realizar el ejemplo se han tomado los siguientes datos:

- EDAD: 35 años
- ACTIVIDAD FISICA: 20 minutos



Como podemos observar las reglas que tomaremos son aquellas que cumplan:

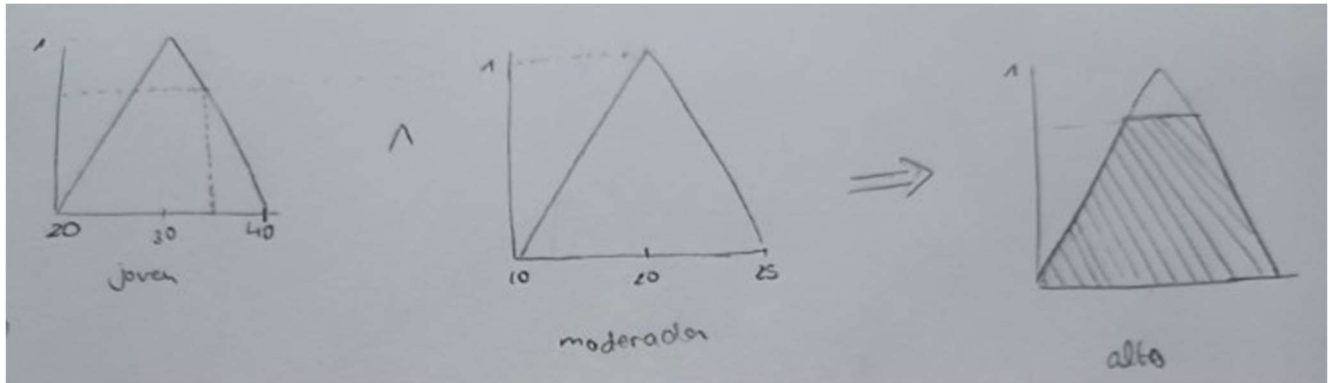
- EDAD: joven o adulto
- ACTIVIDAD FISICA: actividad moderada

Por lo tanto, las reglas en activarse serán tanto R6 y R7.

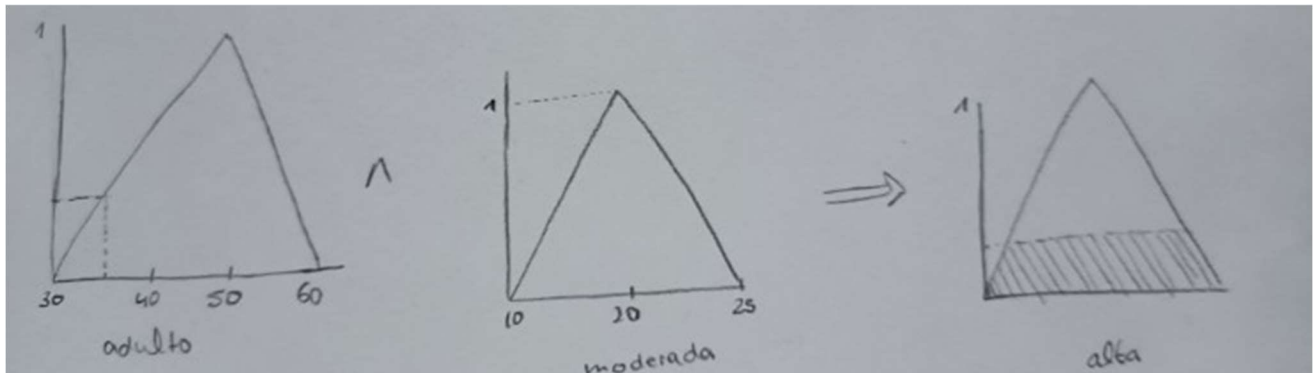
**R6:** si EDAD es joven y ACTIVIDAD FISICA es actividad moderada entonces KC alta

**R7:** si EDAD es adulto y ACTIVIDAD FISICA es actividad moderada entonces KC alta

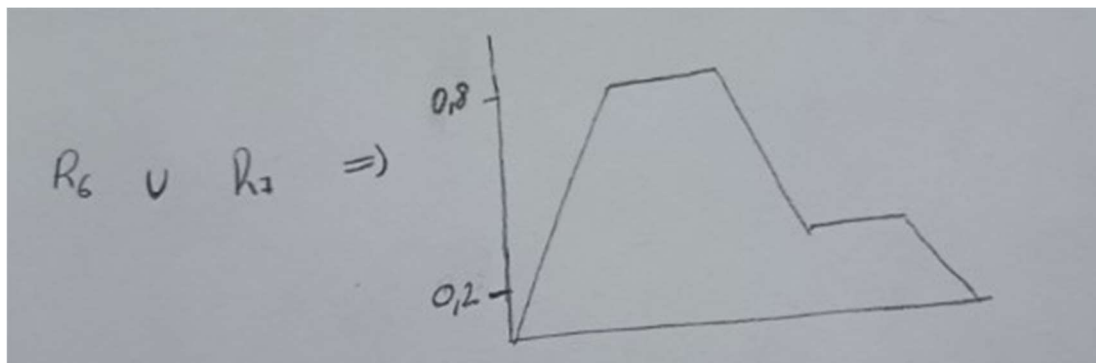
Para la regla 6:



Para la regla 7:



**R6 U R7:**



## Reglas activadas en FUZZY CLIPS:

Definición de las dos plantillas de hechos, "EDAD" y "ACTIVIDAD-FISICA", que contienen las variables lingüísticas relevantes y sus conjuntos difusos correspondientes.

```
(deftemplate EDAD
```

```
  0 60
```

```
  (
```

```
    (crio (0 1) (10 1)(20 0))
```

```
    (joven (20 0) (30 1) (42 0))
```

```
    (adulto (30 0) (50 1) (60 0))
```

```
    (mayor (58 0) (60 1)
```

```
  )
```

```
)
```

```
(deftemplate ACTIVIDAD-FISICA
```

```
  0 30
```

```
  (
```

```
    (sedentario (0 1) (5 1) (10 0))
```

```
    (actividad-moderada (10 0) (20 1) (25 0))
```

```
    (actividad-intensa (25 0) (30 1))
```

```
  )
```

```
)
```

Luego, las dos reglas difusas (R6-R7) que especifican las relaciones entre las variables lingüísticas y los niveles de conocimiento (KC) resultantes.

```
(defrule R6
```

```
  (EDAD joven)
```

```
  (ACTIVIDAD-FISICA actividad-moderada)
```

```
=>
```

```
  (assert (KC alta))
```

```
)
```

```
(defrule R7
```

```
  (EDAD adulto)
```

```
  (ACTIVIDAD-FISICA actividad-moderada)
```

```
=>
```

```
  (assert (KC alta))
```

```
)
```

## GLOSARIO

Para finalizar, se incluye un glosario de las palabras técnicas relacionadas con el campo de la nutrición que han sido mencionados por el experto y se tienen en cuenta a la hora del desarrollo (de forma directa o indirecta). Este glosario servirá como una herramienta útil para familiarizarnos con el vocabulario técnico del campo, permitiéndonos comprender mejor los términos utilizados en el trabajo.

Los tecnicismos más relevantes se encuentran catalogados por los tres tipos de enfermedades que se tratan en el sistema:

- Diabetes:
  - *Hipoglucemia:* nivel bajo de glucosa en sangre que puede ocurrir como efecto secundario de la insulina o la medicación para la diabetes.
  - *Hiperglucemia:* nivel alto de glucosa en sangre que puede ser peligroso y provocar complicaciones a largo plazo.
  - *Índice glucémico:* medida que indica la rapidez con que un alimento aumenta los niveles de glucosa en sangre después de su consumo.
- Enfermedad celiaca:
  - *Gluten:* proteína presente en algunos cereales como el trigo, la cebada y el centeno que puede causar daño en el intestino de las personas con enfermedad celiaca.
  - *Anticuerpos antigliadina:* anticuerpos que se encuentran en la sangre de las personas con enfermedad celiaca y que reaccionan con la gliadina, una proteína presente en el gluten..
- Enfermedad Cardiovascular:
  - *Triglicéridos:* Un tipo de grasa que se encuentra en la sangre y que, en niveles altos, puede aumentar el riesgo de enfermedad cardiovascular.
  - *Aterosclerosis:* Acumulación de placa en las paredes de las arterias, lo que puede provocar estrechamiento y bloqueo de las arterias.
  - *Enfermedad coronaria:* Una enfermedad en la que las arterias que suministran sangre al corazón se estrechan o bloquean, lo que puede provocar dolor en el pecho, ataque y otros problemas cardíacos.