

CARACTERIZACIÓN DEL TARWI (*Lupinus mutabilis*) Y DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESAMARGADOR PARA LA REDUCCIÓN DE ALCALOIDES

CHARACTERIZATION OF TARWI (*Lupinus mutabilis*) AND DESIGN OF A DEBITTERING PROTOTYPE FOR THE REDUCTION OF ALKALOIDS

Shalin Carhuallanqui Ávila^{a*}, Angela Margot CCora Huamán^a, Lizve Vilcapoma Ureta^a, José Paúl Casas Vásquez^a

^a Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú.

*Autor correspondiente: scarhuallanqui@uncp.edu.pe

RESUMEN

El futuro de la alimentación son las leguminosas por su excelente fuente de nutrientes, proteína de bajo costo y ser cultivos amigables con el medio ambiente, herramientas para lograr la seguridad alimentaria. El tarwi (*Lupinus mutabilis*) contiene un alto contenido de proteínas y lípidos, con aplicaciones potenciales como ingredientes en las industrias alimentaria, ayuda a los niños en su desarrollo cerebral y crecimiento (calcio y aminoácidos), también tiene aplicaciones en la industria cosmética y farmacéutica. Estas semillas contienen alto contenido alcaloides (lupinina, lupanidina y esparteína) que le confieren un sabor amargo, perjudiciales para la salud y la principal desventaja para su consumo. La investigación tuvo dos etapas: En la primera se realizó la recopilación de investigaciones del desamargado del tarwi. En la segunda se diseñó el prototipo de desamargador de tarwi, utilizando la norma alemana VDI 2221, que establece las etapas principales del proceso de diseño de un producto. En esta perspectiva se incluyó el análisis de los requerimientos vinculados con los materiales para ingeniería, permitiendo identificar y facilitar desde la etapa de especificación y cuáles son los aspectos esenciales desde el punto de vista de los materiales. Se desarrolló los esquemas y planos finales que permitieron la fabricación del prototipo. Las pruebas a las que fue sometido el prototipo indican que tiene una capacidad de 5 kg por carga, posee un PLC (Programador lógico de control) para el control de las variables, es completamente funcional, acabado higiénico que le proporciona inocuidad al producto, puesto que fue fabricado en acero inoxidable.

Palabras clave: Leguminosa, *Lupinus mutabilis*, alcaloides, lupanina, desamargado, prototipo, diseño.

ABSTRACT

The future of food is legumes for their excellent source of nutrients, low-cost protein and being environmentally friendly crops, tools to achieve food security. The tarwi (*Lupinus mutabilis*) contains a high content of proteins and lipids, with potential applications as ingredients in the food industries, helps children in their brain development and growth (calcium and amino acids), it also has applications in the cosmetic and pharmaceutical industries. These seeds contain a high content of alkaloids (lupinine, lupanidine and sparteine) that give them a bitter taste, which are harmful to health and the main disadvantage for their consumption. The investigation had two stages: In the first, the compilation of investigations of the debittering of the tarwi was carried out. In the second, the tarwi debittering prototype was designed, using the German VDI 2221 standard, which establishes the main stages of the product design process. In this perspective, the analysis of the requirements related to the materials for engineering was included, allowing to identify and facilitate from the specification stage and what are the essential aspects from the point of view of the materials. The final schemes and plans that allowed the manufacture of the prototype were developed. The tests to which the prototype was subjected indicate that it has a capacity of 5 kg per load, has a PLC (Control logic programmer) to control the variables, is fully functional, and has a hygienic finish that provides safety to the product, since it was made of stainless steel.

Keywords: Legume, *Lupinus mutabilis*, alkaloids, lupanine, debittered, prototype, design.

1. INTRODUCCIÓN

Las leguminosas son plantas que tienen vainas, dentro de éstas se encuentra el fruto o legumbre. En Latinoamérica se conocen como leguminosas, legumbres, menestras, como los granos de frijoles, lentejas, arvejas (chícharos secos), garbanzos, lentejones, habas, etc, por su bajo contenido de agua se almacenan por mucho tiempo sin perder nutrientes (Vega A., Zabaleta y Vega C., 2017).

Las leguminosas junto con los cereales son alimentos de buen sabor, nutritivos y precio accesible. El consumo de leguminosas ha disminuido considerablemente, siendo necesario revalorizar la importancia de estos granos. La educación nutricional es esencial en el rescate del consumo de estas semillas y desarrollar proyectos y alimentos que involucren estos cultivos. El empleo de las leguminosas disminuirá la malnutrición, mejorar el estilo y calidad de vida y beneficiar a sus productores y el medio ambiente (Perez y Peñafiel, 2017).

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es un cultivo que prospera en diferentes tipos de suelos, mejorándolo para otros cultivos, tiene un alto contenido en proteínas y grasas, buen alimento para las familias y un ingreso más para el productor agrario, sus hijos y la población en general. El tarwi, chocho o lupino es una legumbre andina con gran potencial para ser consumido masivamente por el ser humano; ya que contiene humedad 11,5%; grasa 21,5%; proteína 53,2%; fibra 18,4%; ceniza 1,9% y carbohidratos 23,4 %, resaltando el alto contenido de proteínas y de grasa. El uso del tarwi se ha limitado por la presencia de sustancias tóxicas, las semillas poseen en su estructura alcaloides quinolizidínicos, que le confieren cierto grado de toxicidad y un sabor fuertemente amargo, aunque estas sustancias protegen a la planta en el medio e impiden que la semilla sin tratamiento pueda ser aprovechada para consumo. El tarwi contiene más de 70 tipos de alcaloides, como los grupos de la lupanina y esparteína (Rodríguez, 2009). La presencia de alcaloides en todo el grano no permite su consumo directo y se necesita un desamargado. Es por ello que investigaciones sobre el desamargado evalúan cuatro factores: A: tiempo de cocción, B: tiempo de lavado, C: número de lavados y D: relación MP : agua, estos cuatro factores tienen un efecto significativo sobre el contenido de alcaloides final de los granos de tarwi (Gutiérrez Infantes, Pascual y Zamora, 2016).

La ingeniería se define como la aplicación creativa de principios científicos para diseñar o desarrollar estructuras, máquinas, aparatos o procesos de fabricación, o trabajos que los utilicen individualmente

o en combinación; o para construir u operar el mismo con pleno conocimiento de su diseño; o pronosticar su comportamiento en condiciones operativas específicas; todo con respecto a una función prevista, economía de funcionamiento y seguridad para la vida y la propiedad (Rao, 2017). Por lo que se están desarrollando tecnologías y en concreto, máquinas, equipos o bienes de equipo, básicamente desde el punto de vista de y para la sociedad. Todos los aspectos del ciclo de vida de estas máquinas (diseño, fabricación, uso, fin de vida) están pensados para llevarse a cabo en contextos de una amplia disponibilidad de recursos técnicos, de una reducción de costes laborales, de una aceleración de los tiempos y de una competencia internacional. En sociedades y comunidades en desarrollo estos parámetros pasan a un segundo plano y otros aspectos de las máquinas toman especial importancia: cubrir necesidades básicas de supervivencia, adaptarse a las características sociales, ambientales y culturales de la comunidad, propiciar el desarrollo de la comunidad por sus propios medios o capacitar a sus miembros para el desarrollo sostenible de su propia tecnología.

El cultivo de tarwi es una buena alternativa para el productor agrario. En la actualidad se le está devolviendo su importancia y se tendrá un buen alimento para las familias y un ingreso por la venta de las cosechas de los agricultores. Por lo que la presente investigación tiene como objetivo diseñar un prototipo de desamargador de tarwi, basado en las características físicas y morfológicas de los granos de *Lupinus mutabilis* Sweet provenientes de comunidades de la provincia de Jauja, departamento de Junín – Perú. Para el diseño propuesto se utilizó el método de diseño VDI 2221 ya que presenta la ventaja de no necesitar experiencia del diseñador en casos similares y además de que se permite la optimización de cada fase aun cuando se haya pasado ya por ellas, esto es de gran ayuda sobre todo cuando el diseñador requiere desarrollar un proceso de terminado.

El diseño y fabricación de este equipo es un proceso innovador y altamente iterativo. Mediante el diseño del prototipo de desamargador se logrará eliminar dichas sustancias, con un enfoque industrial. El modelo del prototipo es un equipo desamargador de tarwi que permite eliminar las sustancias tóxicas que dotan de sabor amargo a las semillas, permitiendo su consumo directo o uso en la industria alimentaria. El equipo comprende un tanque con hidroagitador que contiene medios de transporte de agua, dichos medios de transporte comprenden tubos situados fuera del recipiente, al menos dos válvulas y al menos una bomba de recirculación de agua hacia el tanque. Las dos válvulas sirven para controlar el flujo de recirculación de

agua y para la descarga del agua y limpieza del recipiente tiene además una canastilla en el interior del tanque cilíndrico para colocar las muestras de tarwi y tiene una tapa. El equipo comprende un sistema de calentamiento, el cual comprende una resistencia eléctrica, un sensor de temperatura, una conexión de resistencia al tanque, y un panel de control de temperatura (Córdoba, 2019).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de ejecución

El desarrollo de bosquejos, esquemas y diseño del prototipo se realizó en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la FAIA/UNCP.

Metodología

La metodología utilizada fue prescriptiva, basada en la identificación y comprensión total del problema de diseño. Dentro de estas metodologías se halla el modelo de fases que estructura el proceso de diseño en fases o etapas y la secuencia recomendada para llevarlas a cabo. En este grupo se encuentran las metodologías propuestas por Pahl & Beitz a principios de los 70, (Pugh, 1991), Ullman (Ullman, 2010) o la norma alemana VDI 2222 (1977) y la más reciente VDI 2221 (1986, en inglés). Los modelos propuestos por Ulrich y Eppinger (2000) o Otto y Wood (Otto & Wood, 2001) son modelos de fases orientados a desarrollo de producto.

Las principales fases con las que contamos son las siguientes:

- Etapa I. Planeamiento: En esta etapa identificamos el problema, las necesidades que debemos Satisfacer y la factibilidad de una solución. También es cuestión recolectar toda la información posible para elaborar una lista de exigencia coherente.
- Etapa II. Elaboración del concepto: Es la etapa en la que se identifican las funciones de la máquina y a partir de ella se elabora una matriz morfológica que pueda brindar la mayor variedad de conceptos de solución preliminares.
- Etapa III. Elaboración del proyecto: Esta etapa se inicia con la elección del concepto de solución óptimo y en base a él se lleva a cabo el desarrollo completo del diseño como son el dimensionamiento y los cálculos.
- Etapa IV. Elaboración de detalles: Finalmente se designan los valores definitivos al diseño, se definen cuestiones de acabado superficial, tolerancias y materiales. También se elaborarán los documentos y planos que se requieran para sustentar el proyecto elaborado.

Procedimiento

Las experiencias en el proceso de desamargado del tarwi que se realiza en la provincia de Jauja, fueron recogidas mediante entrevistas personales (visitas a la zona de producción) y encuestas realizadas a los agricultores. El conocimiento ancestral (nos mencionan los productores) transmitido de generación en generación para quitar el sabor amargo es mediante la acción del agua en combinación con otros factores: tiempo, temperatura y agitación que varían según las costumbres de la zona, pero que logran el mismo objetivo, obtener un grano sensorialmente aceptable y listo para el consumo directo. En la Figura 1, se presenta el proceso tradicional de desamargado en algunas comunidades campesinas de la provincia de Jauja, región Junín, el cual comienza con la limpieza y selección del grano, luego viene la etapa de hidratación, se sumerge el tarwi en agua a temperatura ambiente en recipientes o pozas de 12 a 18 horas (los granos se expanden hasta 2,2 veces su tamaño inicial), seguidamente se escurre y se someten los granos a cocción (sirve para el ablandamiento de la cáscara), esta parte del proceso es donde se extrae mayor cantidad de alcaloide, el tiempo varía entre 1 y 2 horas. El lavado se desarrolla en varios días, los productores utilizan la fuente hídrica más cercana, ríos o riachuelos, los granos de tarwi son llenados en sacos o mallas que permiten que el agua discurra y vaya extrayendo los alcaloides, el tiempo de esta acción varía entre 7 a 10 días. Finalmente,

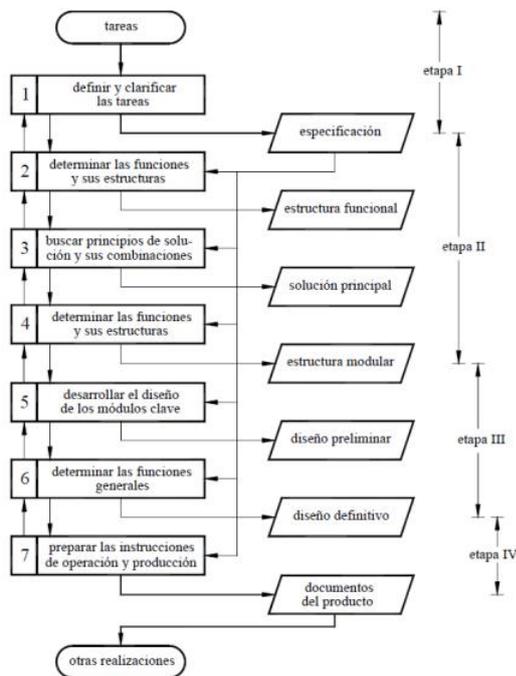


Figura 1. Estructura de diseño según la norma alemana VDI 2221 (Riba, 2002)

los granos son secados en 1 o 2 días y están listos para el consumo.

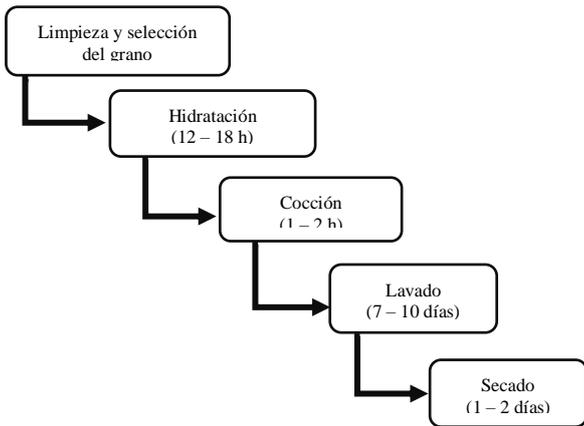


Figura 2. Proceso tradicional de desamargado de tarwi

2.1 Desarrollo de las listas de exigencias

Nombre del proyecto:	DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESAMARGADOR PARA LA REDUCCIÓN DE ALCALOIDES DE TARWI		
Usuario:	Universidad Nacional del Centro del Perú		
Responsables:	A. CCora, S. Carhuallanqui, J. Casas, L. Vilcapoma		
Fecha:	02/03/2022	Revisión: 03	1 de 3
Características	Exigencias (E) ó Deseos (D)	Condiciones	
Función	E	Diseño de una máquina prototipo para reducir alcaloides. Capacidad de 5 Kg/batch de tarwi.	
Función	E	La máquina reducirá el contenido de alcaloides.	
Función	E	La máquina prototipo permitirá obtener tarwi con niveles mínimos de alcaloides para su su posterior proceso	
Función	D	Se buscará en todo momento que el sistema sea simple, funcional y económico.	
Geometría	E	Las dimensiones de la máquina deberán de ser lo más compactas posibles.	
Cinemática	E	El movimiento de los componentes no deberá alterar la calidad del producto final.	
Cinemática	D	La velocidad de la máquina deberá ser baja.	
Cinética	D	La máquina soportará cargas de trabajo.	

Nombre del proyecto:	DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESAMARGADOR PARA LA REDUCCIÓN DE ALCALOIDES DE TARWI		
Usuario:	Universidad Nacional del Centro del Perú		
Responsables:	A. CCora, S. Carhuallanqui, J. Casas, L. Vilcapoma		
Fecha:	02/03/2022	Revisión: 03	2 de 3
Características	Exigencias (E) ó Deseos (D)	Condiciones	
Fuerza	E	La máquina deberá mostrar rigidez y estabilidad	
Energía	E	La máquina deberá ser accionada por energía eléctrica monofásica.	
Energía	E	La potencia utilizada por la máquina no deberá afectar a la estabilidad y rigidez de la máquina.	
Energía	D	Para el proceso de cocción la energía utilizada debe ser de fuente eléctrica.	
Energía	E	La máquina deberá estar diseñada para soportar cargas térmicas y no se genere deformaciones en los materiales.	

Materia	E	Las propiedades físicas y químicas del tarwi no deben ser afectados entre la entrada y salida de la máquina. A excepción del contenido de alcaloide
Señales	E	Debe tener un panel de control que permita manipular variables de trabajo.
Seguridad	E	La máquina deberá contar con elementos de seguridad. una chaqueta térmica.
Ergonomía	E	El diseño del equipo deberá permitir al operador maniobrar con facilidad y comodidad.
Ergonomía	E	Evitar en lo posible sobrepasar los decibeles permisibles de ruido.

Nombre del proyecto:	DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE DESAMARGADOR PARA LA REDUCCIÓN DE ALCALOIDES DE TARWI		
Usuario:	Universidad Nacional del Centro del Perú		
Responsables:	A. CCora, S. Carhuallanqui, J. Casas, L. Vilcapoma		
Fecha:	02/03/2022	Revisión: 03	3 de 3
Características	Exigencias (E) ó Deseos (D)	Condiciones	
Ergonomía	D	La máquina no deberá generar contaminación atmosférica.	
Fabricación	E	La máquina debe ser fabricada con acabado y materiales sanitarios en su totalidad.	
Fabricación	D	La mayoría de los materiales debe estar disponible en el mercado nacional.	
Fabricación	E	La mayoría de los elementos que conformen la maquina deberán ser normalizados	
Fabricación	E	La máquina deberá poder ser fabricada en una empresa nacional.	
Ensamblaje	E	La máquina deberá ser de fácil montaje y desmontaje.	
Ensamblaje	D	La máquina deberá permitir fácil acceso a sus componentes para el mantenimiento de los mismos.	
Transporte	E	La máquina será de fácil transporte y montaje al lugar de ensayos.	
Mantenimiento	E	El mantenimiento debe ser sencillo, económico, de poca frecuencia y de fácil recambio.	
Costos	D	Los costos de fabricación deberán ser los mínimos posibles.	

2.2 Abstracción CAJA NEGRA

Se uso este tipo de método (Caja Negra) para producir resultados de la investigación. Este diseño final está conformado por las entradas más recientes procedentes del problema, así como por otras entradas que proceden de experiencias anteriores (Figura 3), los elementos intervinientes para llevar a cabo el propósito de la reducción de alcaloides y la salida como resultado socializado de variables.

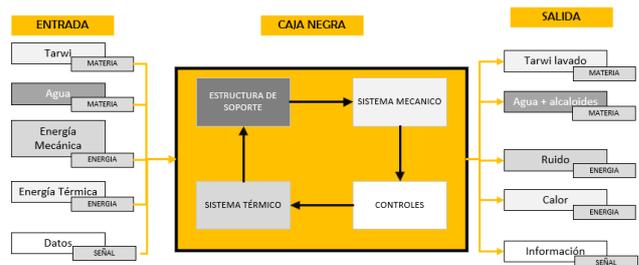
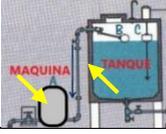
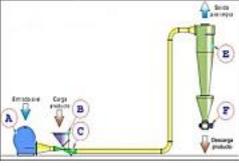
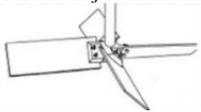
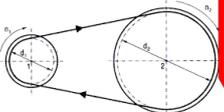
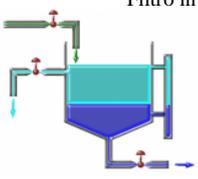


Figura 3. Caja negra del equipo

Desarrollo de matriz morfológica

FUNCION	A	B	C
1. Abastecer de agua a la cámara de trabajo.	Manguera con grifería. 	Tanque exclusivo para maquina 	Cubeta de agua 
2. Incrementar temperatura.	Vapor de agua – calderín 	Flama directa- hornilla industriales 	Energía eléctrica -Resistencias eléctricas 
3. Dosificar tarwi gradualmente a la máquina.	Tornillo transportador 	Dosificación manual 	Transportador neumático 
4. Agitación de la cámara de trabajo.	Turbina de discos 	Hélice de tres hojas 	Turbina hojas inclinadas 
5. Regular velocidad de agitación.	Trasmisión por poleas 	Reductor de velocidad 	Variador de frecuencia 
6. Filtrar tarwi.	Filtro semi industrial 	Filtro domestico 	Filtro in situ 
7. Enjuagar tarwi.	Enjuague desde grifería 	Enjuague in situ 	Enjuague sobre malla 
8. Controlador de variables.	Arranque directo 	Tablero con PLC 	Tablero convencional 

Solución

Solución 1	
Solución 2	
Solución 3	
Solución 4	

2.3 Estructura de funciones

Las funciones son ordenadas de la siguiente manera:

1. Abastecer de agua a la cámara de trabajo.
2. Incrementar temperatura.
3. Dosificar tarwi gradualmente a la máquina.
4. Agitación de la cámara de trabajo.
5. Regular velocidad de agitación.
6. Filtrar tarwi.
7. Enjuagar tarwi.
8. Controlador de variables.

Selección de alternativa optima

SIGNIFICADO FACTOR DE IMPORTANCIA P _i		
IMPORTANTE	MUY IMPORTANTE	IMPRESINDIBLE
1	2	3

Valoración de conceptos

ESCALA DE VALORES SEGÚN VDI2221 CONPUNTAJE "p" DE 0 a 3												
0=NoSatisfice, 1=Aceptable, 2=Suficiente, 3=Bien												
Nº	Variantes del Concepto	Factor de Importancia (Fi)	PUNTAJE (Pi)									
			S1		S2		S3		S4		Proyecto ideal	
			P _{S1}	F _{XP S1}	P _{S2}	F _{XP S2}	P _{S3}	F _{XP S3}	P _{S4}	F _{XP S4}	P _{S1}	F _{XP1}
1	Función	3	1	3	2	6	3	9	2	6	3	9
2	Geometría	1	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3
3	Cinemática	2	1	2	2	4	2	4	2	4	3	6
4	Cinética	2	2	4	1	2	2	4	3	6	3	6
5	Fuerza	2	2	4	1	2	2	4	3	6	3	6
6	Energía	2	2	4	2	4	2	4	3	6	3	6
7	Materia	2	2	4	3	6	3	6	3	6	3	6
8	Señales	1	1	1	2	2	3	3	2	2	3	3
9	Seguridad	3	2	6	2	6	3	9	2	6	3	9
10	Ergonomía	2	2	4	3	6	3	6	3	6	3	6
11	Fabricación	3	2	6	3	9	3	9	2	6	3	9
12	Ensamble	2	2	4	2	4	3	6	2	4	3	6
13	Transporte	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3
14	Mantenimiento	2	3	6	1	2	3	6	3	6	3	6
Total =Σ(Fi x Pi)			53		56		75		80		84	
Coeficiente técnico = PUNTAJE TOTAL/PUNTAJE IDEAL			63%		67%		89%		81%			

Valoración económica

ESCALA DE VALORES SEGÚN VDI2221 CONPUNTAJE "p" DE 0 a 2												
0=Costoso, 1=Medio, 2=Barato												
Nº	FACTOR ECONOMICO	Factor de Importancia (Fi)	PUNTAJE (Pi)									
			S1		S2		S3		S4		PROYECTO IDEAL	
			P _{S1}	F _{XP S1}	P _{S2}	F _{XP S2}	P _{S3}	F _{XP S3}	P _{S4}	F _{XP S4}	P _i	F _{XPi}
1	Costo de Material	3	1	3	1	3	0	0	1	3	1	3
2	Costo de Fabricación	2	1	2	1	2	1	2	0	0	2	4
3	Costo de Montaje	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
Total =Σ(Fi x Pi)			7		6		3		5		9	
Coeficiente económico=PUNTAJE TOTAL/PUNTAJE IDEAL			78%		67%		33%		56%			

De acuerdo con la valoración correspondiente, el prototipo (molde en que se fabrica una figura, permite testar el objeto antes de que entre en producción, detectar

errores, deficiencias, etc, cuando el prototipo está suficientemente perfeccionado en todos los sentidos requeridos y alcanza las metas para las que fue pensado, el prototipo puede empezar a producirse. Un prototipo en software es un modelo del comportamiento del sistema que puede ser usado para entenderlo completamente o ciertos aspectos y así clarificar los requerimientos.

3. RESULTADOS

Los datos niométricos presentados en la Tabla 1, sirvieron como base para el análisis, calculo y diseño del prototipo en cuanto a la capacidad, disposición y funcionamiento.

Tabla 1. Características biométricas del tarwi

Características	Valor
Peso (g)	0,34 ± 0,04
Espesor del grano(mm)	4,35 ± 0,30
Diámetro mayor (Longitud del grano en mm)	10,63 ± 0,67
Diámetro menor (Ancho del grano en mm)	9,01 ± 0,40

El tarwi es considerado un alimento muy completo (Tabla 2) presenta un alto contenido de proteínas, inclusive superior a la soya.

Tabla 2. Comparación de la composición del tarwi y soya (g/100g)

Componentes	Tarwi	Soya
Humedad	7.7	9.2
Proteína	44.0	33.4
Grasa	16.5	16.4
Fibra	7.1	5.7
Ceniza	1.7	5.5
Carbohidratos	23.0	35.5

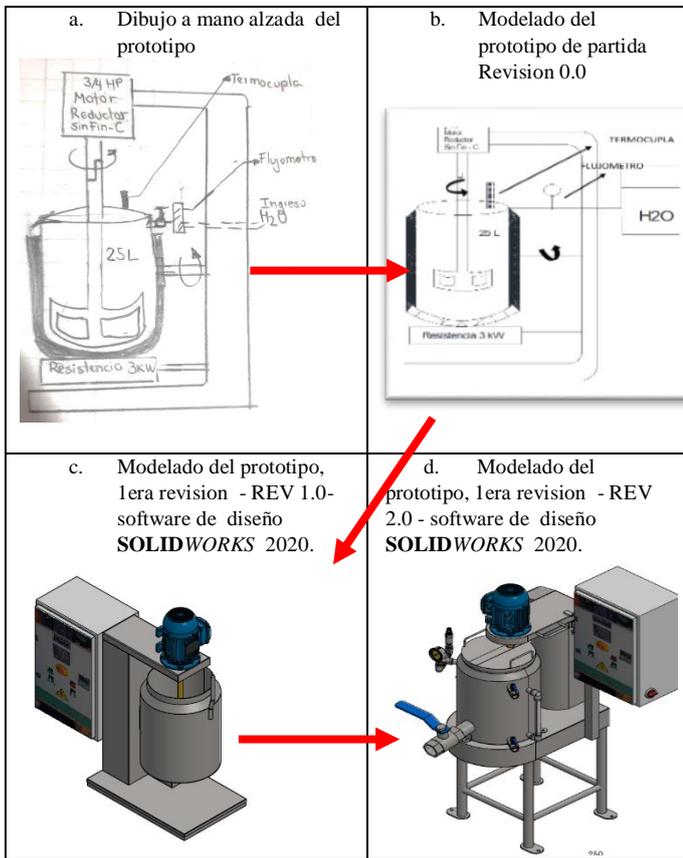
Nota: Datos obtenidos de un trabajo de investigación sobre el desamargado de tarwi y sus parientes silvestres (Quispe, 2018)

Tabla 3. Resumen de alternativas de Matriz morfológica Evaluadas solución óptima SOLUCION 3

PROCESO	ALTERNATIVA
1. Dosificación de materia prima	Manual
2. Dosificación de Agua	Mecánico con válvulas de paso directo.
3. Calentamiento	Resistencia eléctrica
4. Agitación de cámara de proceso	Hélice de 3 aspas
5. Regulación de velocidad	Variador de velocidad
6. Filtración	Cesto perforado in situ
7. Evacuación de alcaloides	Directo desde cámara de cocción.

La metodología propuesta por la norma VDI 2221 considera en esta fase una sub-etapa explícita de división del producto en módulos realizables que facilita en gran manera el proceso de diseño y etapas posteriores de desarrollo del producto (mantenimiento, adaptabilidad, gamma de producto, futuras modificaciones, etc).

Tabla 4. Evolución de la solución (3).



La Tabla 4 muestra en el primer cuadrante el bosquejo a mano alzada del diseño de la poza de los componentes de prototipo y elementos que le brindarán la funcionalidad requerida, todo esto como respuesta a las estructuras y funciones requeridas identificadas en la matriz morfológica, la evolución de la secuencia radica en el desarrollo de la observación de las funciones que desarrollaría cada elemento, en (a), se plantea sistema basculante para la descarga del producto, sin embargo se tenía el problema con la resistencia ubicada en la parte inferior, se plantea desarrollar la resistencia sobre un eje articulable, pero este tendría dificultad para efectos de mantenimiento, todo esto al analizar el bosquejo en su revisión 0.0 (b), en (c) se plantea un diseño mucho más compacto e integrado en el que la zona articulable sería el sistema de transmisión con el eje de agitación es desmontable y se genera la revisión 1.0 en la que con el soporte del software de diseño SOLIDWORKS permitió a esta metodología de diseño VDI 2221 hacer de este diseño un proyecto mucho más ágil y para

detectar las interferencias de los elementos mecánicos cuando este sería manufacturado, finalmente en la revisión 2.0 (d), la integración del diseño, comunicación y la gestión de datos que nos brinda este software permitió pasar de un diseño asistido por computadora CAD, a la manufactura asistida por computadora de piezas clave que requerían de un proceso CAM y el CAE la ingeniería asistida por el ordenador para evaluar el comportamiento del material sometidos a diversos esfuerzos y cargas que permitió una elección correcta y técnica de todos los materiales utilizados en su fabricación. El prototipo desarrollado aplica la ingeniería de acuerdo a la lista de exigencias de carácter obligatorio y exigencias deseables de las necesidades requeridas con el único propósito de que este cumpla con el requerimiento del usuario (cliente).

4. DISCUSIONES

El *L. mutabilis* se cultiva en todo el mundo y con similares características. El interés en esta leguminosa es su alto valor proteico, tiene un campo de aplicación vasto como aditivos y componente que permite ser usado para elaboración de variedades alimenticias tanto para seres humanos y animales; pero su consumo directo se dificulta por la presencia de los alcaloides que generan efectos nocivos. Villacreces (2011) y Villaverde (2011) reportan que el *L. mutabilis* de Ecuador contiene de 41.1 a 47.21% de proteína, Quispe (2015) de Perú reporta que de 10 variedades evaluadas de distintas regiones el contenido es de 40.9 a 46,9% de proteína cruda; los mismos que tienen similitud a pesar que son latitudes diferentes, la similitud de proteína cruda de los *L. mutabilis* podría indicar que éstos a pesar de las diferentes condiciones de cultivo en que se encuentran, desarrollan similar nivel de proteína. Esto podría ser debido a su gran capacidad de adaptación y absorción de nitrógeno que presenta (Ortega et al., 2010).

El análisis de la bibliografía en el campo de las tecnologías apropiadas muestra que hay una gran cantidad de definiciones y criterios referentes a este término. Tomando características y criterios de la literatura existente, en este trabajo se entenderá como máquina apropiada toda máquina que sea diseñada considerando su adaptación al contexto en términos técnicos, económicos, ambientales y socioculturales de la comunidad en que se utilizará y considerando también su sostenibilidad en el tiempo.

El proceso propuesto por Ullrich, Eppinger & Yang (2019), permitió la fabricación del equipo a nivel piloto y en una segunda etapa hacer el desarrollo de las pruebas de funcionamiento correspondientes que de acuerdo con lo sostenido por Menold, Jablow & Simpson (2017),

esta es la función que tienen los equipos piloto con el fin de obtener información fresca que permitan incorporar la corrección de errores de funcionamiento, de practicidad de operación y otros.

5. CONCLUSIONES

Lupinus mutabilis “tarwi” o “chocho” es una leguminosa que contiene en sus semillas un alto porcentaje de grasas y proteínas, característica que promueve el interés por conocer sus propiedades funcionales.

El conocimiento de las técnicas tradicionales empleadas en el proceso de desamargado del tarwi sirvió como primera referencia para el desarrollo del diseño del prototipo planteado en la investigación. De igual manera los datos de la caracterización de los granos fueron tomados en cuenta para el diseño.

El prototipo demuestra teórica y experimentalmente que se obtendrán granos de tarwi desamargado cumpliendo los estándares de calidad establecidas en las normas para este alimento. El prototipo ofrece un tiempo menor a la forma tradicional y racionaliza la cantidad del recurso hídrico. La máquina obtenida es muy versátil, se realizó con un diseño sanitario y permite un fácil mantenimiento, por tanto, es factible que esta tecnología sirva para una producción industrial.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de interés

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, por apoyarnos con la disposición de materiales y acceso a referencias bibliográficas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cordoba M. (2019). Recipiente con hidroagitador para desamargado de tarwi. PE PE20191117Z. Universidad Nacional del Callao. Publicado 2019-08-28. <https://patents.google.com/patent/PE20191117Z/en?q=tarwi&oq=tarwi>

Gutierrez, A., Infantes, M., Pascual, G., & Zamora, J. (2016). Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Agroindustrial Science*, 6(1), 145-149. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.01.17>

Menold, J., Jablowski K., & Simpson (2017). Prototipo para X (PFX): un marco holístico para estructurar métodos de

creación de prototipos para respaldar el diseño de ingeniería. *Design studies* 50(1) 70-112.

<https://doi.org/10.1016/j.destud.2017.03.001>

- Ortega, D.; Rodriguez, A.; Arturo, D.; Zamora-Burbano, A. 2010. Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los andes de Colombia. *Acta agronomica*. 59(1): 111-118
- Otto, K., & Wood, K. (2001). *Product design: techniques in reverse engineering and new product development*. Prentice Hall.
- Perez K. y Peñafiel C.E. (2017). Bocado con alto contenido proteico: Un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.). *Scientia Agropecuaria*, ISSN-e 2077-9917. págs. 377-388.
- Pugh, S. (1991). *Total design. Integrates methods for successful product engineering*. Wokingham: Addison Wesley.
- Quispe, D. (2015). Composición nutricional de diez genotipos de lupino (*L. mutabilis* y *L. albus*) desamargados por proceso acuoso. In Universidad Nacional Agraria la Molina. http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1816/Q04_Q8_TBANUNALM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quispe, E. (2018). Diseño de un equipo para el procesamiento del desamargado del tarwi. In *Computers and Industrial Engineering* (Vol. 2, Issue January). <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8406/MCqumaed.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, A. (2009). Evaluación in vitro de la actividad antimicrobiana de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis para obtener el título de Bioquímico farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- Vega A., Zabaleta A. y Vega C. (2017). Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades funcionales de harina de semillas de lupinus mutabilis “tarwi” variedad criolla. *Agroindustrial Science*, ISSN-e 2226-2989, Vol. 7, N°. 1, p. 49-55.
- Villacreces, N. (2011). Evaluación del procesamiento artesanal del Chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) sobre el consumo de agua, tiempo empleado y la calidad nutricional y microbiológica. Universidad San Francisco de Quito. Ecuador.
- Villaverde, S. (2011). Evaluación de las propiedades funcionales del concentrado proteico del tarwi (*Lupinus mutabilis*) y su uso como extensor cárnico de jamonada. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú.
- Ullman, G. (2010). *The Mechanical Design Process* (4th ed.). New York: McGraw-Hill.