

Diseño de una máquina peladora de ajo
(Allium sativum)

Félix Horacio Zelaya García

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Diseño de una máquina peladora de ajo *(Allium sativum)*

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Félix Horacio Zelaya García

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

Diseño de una máquina peladora de ajo (*Allium sativum*)

Presentado por:

Félix Horacio Zelaya García

Aprobado:

Rodolfo Cojulún, M.Sc
Asesor principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria Alimentaria

Edgar E. Ugarte, M.Sc.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Zelaya, F. 2009. Diseño de una máquina peladora de ajo (*Allium sativum*). Proyecto de graduación del programa en Ingeniería de Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 18p.

El ajo es un condimento natural y forma parte de los hábitos alimentarios de muchas culturas. La pasta de ajo es el principal producto de valor agregado obtenido a base de ajo, el cual es pelado manualmente para su procesamiento, el cual requiere ser efectuado en el menor tiempo posible y mínimo manipuleo. El objetivo del estudio fue crear un prototipo de máquina peladora de ajo (*Allium sativum*) y evaluar su desempeño. Para tal efecto se crearon dos prototipos con diferentes principios de funcionamiento y fueron comparadas con el pelado manual. Los tres tipos de procesado constituyen los tres tratamientos evaluados, que fueron dispuestos en un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA), con cuatro bloques en total y 12 unidades experimentales. Se calculó el rendimiento, se midió la capacidad y se clasificó el estado de los ajos después de pelados, estos dos últimos en kilogramos de ajo pelados por hora y en valores porcentuales con respecto a la capacidad por hora, para los tres tratamientos. El prototipo A obtiene una producción 213% mayor que la manual y el prototipo B una producción de 547% mayor que la manual, existiendo diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$). El costo de producir un kg de ajo pelado en el prototipo A es L.12.06, el prototipo B L. 5.09 y para el proceso manual L. 12.00. En base a todas las mediciones observadas, es evidente que el prototipo B tuvo los mejores resultados, tanto operativamente como en costos.

Palabras clave: equipo, pelado, prototipo, rendimiento.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN LITERARIA	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS	5
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
5. CONCLUSIONES.....	14
6. RECOMENDACIONES	15
7. BIBLIOGRAFÍA.....	16
8. ANEXOS.....	17

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Producción mundial de ajos	4
2. Diseño Experimental BCA	10
3. Descripción de los tratamientos	11
4. Rendimiento de los métodos de pelado de ajo (kg/h)	13
4. Comparación Costos de Producción.....	13
Figura	
1. Comportamiento de producción de ajo mundialmente.....	4
2. Rodillos revestidos con hule.....	6
3. Partes del prototipo Inicial (madera)	7
4. Motor y poleas ubicadas en la máquina	7
5. Partes principales del prototipo A	8
6. Máquina con el soplador integrado	8
7. Partes principales del prototipo B	9
8. Máquina B instalada sobre una mesa metálica.....	10
Anexo	
1. Prototipo de Madera Vista Frontal	17
2. Prtotipo de Madera Vista Planta.....	18
3. Prototipo A Vista Frontal	18
4. Prototipo A Vista Planta.....	19

1. INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos busca que los procesos sean realizados en poco tiempo, poco manipuleo del producto y así disminuir los riesgos de contaminación. El objetivo de toda industria es maximizar rendimientos y así obtener productos de calidad estándar (Bueno 2002)

El diseño y desarrollo de maquinas ha mostrado una tendencia incremental en el sector industrial, perfeccionando constantemente diseños y prototipos que permitan eficientizar los procesos agro-industriales productivos. El desarrollo de maquinaria busca solucionar problemas industriales como tiempos muertos, cuellos de botellas, variabilidad en resultados orientados a patrones de producción estándar. Al automatizar los procesos productivos se obtiene mejores rendimientos. Es por eso que la industria siempre demanda nuevas máquinas que optimicen sus procesos (Bueno 2002).

Según Burba (1997), el ajo es un condimento natural y forma parte de los hábitos alimentarios de muchas culturas. Debido a que el ajo puede conservarse desde su cosecha hasta ocho meses sin necesidad de frío existe oferta todo el año. La principal actividad industrial se halla en la fabricación de pasta de ajo seguida de ajo deshidratado. La industria se ve afectada por el alto costo de pelar ajo a mano, por lo que se han buscado soluciones a estos problemas mediante el remojo de ajo para facilitar su pelado, pero el ajo pelado por vía seca conserva mejor su sabor y aroma.

Actualmente, en Zamorano en la planta de Procesamiento Hortofrutícola la forma en la que se pela el ajo es manualmente. Esto implica la contratación de mano de obra, que se le paga por kilo de ajo pelado por día. El costo de procesar manualmente un kilo de ajo tiene un valor de L.12.00. El precio de pelar el ajo a mano es elevado, por lo tanto el producto en el cual se utilizará el ajo se ve afectado por el alto precio de pelar ajo a mano. Esto conlleva desventajas ya que los productos terminados también son de alto costo.

La importancia de diseñar una máquina capaz de pelar ajo eficientemente es lograr beneficios a nivel industrial, este tipo de maquinas perfecciona los trabajos en los que una acción manual es sustituida con el objetivo de abaratar costos, ahorrar esfuerzos humanos y tiempo. Incorporar y materializar diseños de maquinas agro-industriales no es sencillo pero se vuelve crucial en la automatización de procesos. La importancia de las máquinas en la producción es indiscutible e inmensa.

El presente trabajo muestra la adecuación y construcción de un prototipo de peladora de ajo, con el fin de explicar las ventajas y desventajas que trae consigo esta operación al compararla con el pelado manual.

Aportar soluciones para reducir costos de la salsa Zamorano que lleva ajo. De esta forma se contribuirá directamente reduciendo costos con la Planta de Procesamiento Hortofrutícola en la solución de un problema de importancia en su producción. Las actividades que esto incluye son la creación de un prototipo inicial que es luego elaborado en una segunda versión semi-industrial y es expuesto a comparación en un contexto de una planta que realiza el proceso de pelado de ajos manualmente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General:

- Diseñar y evaluar una máquina peladora de ajo (*Allium sativum*) para la planta Hortofrutícola de Zamorano.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- Determinar el rendimiento del prototipo pelador de ajo.
- Comparar el rendimiento de la máquina peladora de ajo con el proceso de pelado manual.
- Realizar un análisis de costo por kg de ajo pelado entre la máquina y el proceso manual.

2. REVISIÓN LITERARIA

2.1 ORIGEN DEL AJO

Según ASFE (2006), el ajo es cultivo hace 5000 mil años en el centro y sur de Asia. Romanos griegos y egipcios también consumían ajos pero el ajo llego a Europa en los años 1,500 y era utilizado como ingrediente culinario. Introducido a América en el siglo XV por los españoles.

2.2 DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL AJO

El ajo pertenece a la familia de liaceae del genero allium y la especie sativum, siendo su nombre botánico allium sativum. Es una planta perenne, de raíz bulbosa compuesta de 6 a 12 dientes de ajo unidos a una película, al conjunto de dientes unidos se le denomina cabeza de ajo. Los dientes o bulbillos están cubiertos por una capa (túnica) delgada blanca y a veces rojiza. Los ajos se siembran preferiblemente en suelos francos Arcilloso con temperaturas de 10-34 grados centígrados, a 600-3500 M.S.N.M. Los ajos se dividen en ajos blancos y ajos rosados; los blancos son más resistentes que los rosados (ASFE 2006).

2.3 NORMAS DE CALIDAD PARA EXPORTACIÓN

La USDA tiene solamente dos normas para los ajos: USDA No. 1 y no clasificado. El USDA No.1 es un ajo con diámetro de 3.81 cm este tiene que estar libre de defectos la norma permite 10% de tolerancia. El no clasificado es aquel ajo que no ha sido empacado utilizando este criterio (USDA 1997).

2.4 PAÍSES PRODUCTORES

Según la FAO la producción de ajo en el mundo va en aumento como lo muestra los siguientes datos: (toneladas de ajos producidos del 2001-2005).

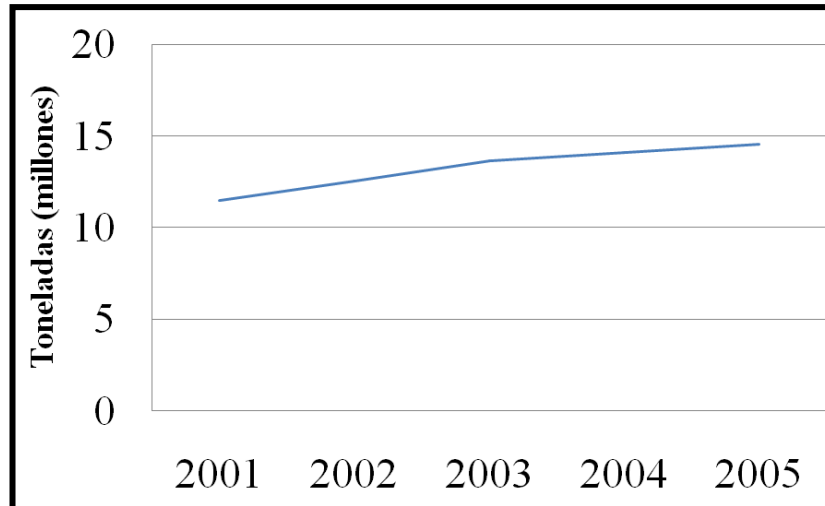


Figura 1. Comportamiento de producción de ajo mundialmente.
Fuente: (FAO, 2006)

El país líder en producción mundial de ajo es China aunque hay otros países que compiten con china en términos de calidad.

Cuadro 1. Producción mundial de ajos

<i>Países</i>	<i>Producción ajo año 2002 (toneladas)</i>
China	8,694,066
India	496,800
USA	256,280
Egipto	215,420
España	177,000
Ucrania	135,000
Argentina	126,178
Tailandia	126,000
Brasil	110,000

Fuente (FAO, 2006)

En Honduras la producción de ajos al año es de 80 toneladas, y el país centroamericano que mas produce ajo es Guatemala con 5,500 toneladas de ajo producidos al año. En los últimos años Costa Rica está creciendo rápidamente en producción de ajo (FAO 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana (Planta de Procesamiento Hortofrutícola de Zamorano), valle del Yeguaré km 30 carretera Tegucigalpa-Danlí, Honduras. La construcción de las máquinas fue en el taller Agro-Industrial “Rodríguez Mendoza” ubicado en Masaya Nicaragua.

3.2 MATERIALES UTILIZADOS

Materiales:

- Ajo
- Martillo
- Eje con cerdas de nylon
- Tubo PVC
- Clavos
- Tornillos
- Destornillador
- Planchas de acero en las plataformas de alimentación y descarga del material, en la construcción de la tolva
- Rodillos de silicón
- Resortes mecánicos
- Banda

Equipo

- Soldadora
- Taladro
- Cortadora
- Enderezadora
- Balanza

3.3 DETERMINACIÓN DE COSTOS

Para analizar los costos de la elaboración de los prototipos se tomaron en cuenta todos los materiales utilizados en la construcción de los prototipos. Se realizó un análisis de los costos para justificar la conveniencia de invertir en un nuevo método de pelado de ajo.

3.4 ELABORACIÓN PROTOTIPO INICIAL A

Para el diseño de la máquina peladora de ajo se efectuó una prueba experimental mediante el desarrollo de un prototipo construido en madera con el fin de probar la mecánica del pelado de ajo. Se construyeron dos rodillos de madera de 20 cm de largo y 3 cm de diámetro, revestidos de caucho como en la figura 2 para lograr una superficie irregular, ambos rodillos ubicados dentro de una caja de madera de 9 cm de altura, 25 cm de largo y 2 cm de grosor.

El primer rodillo situado longitudinalmente en el primer cuarto de la parte superior y el segundo rodillo en la parte inferior con una pendiente de 95 grados y a una distancia de 19 cm del primer rodillo.

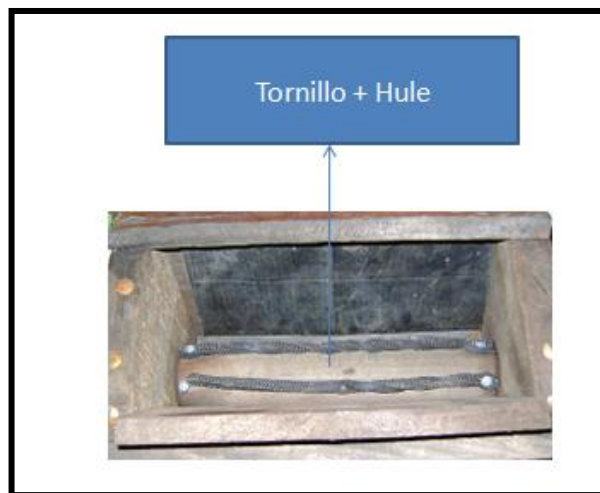


Figura 2. Rodillos revestidos con hule.

Los ajos entran a la máquina por la tolva de alimentación como lo muestra la figura 3 y son expuestos a presión que es ejercida por el rodillo superior contra la pared de caucho. La acción mecánica de fricción y presión realizada por el rodillo hacen que se desprenda la cáscara. La función del segundo rodillo es hacer más eficiente el procedimiento de pelado ya que el rodillo realiza la misma acción mecánica que el primer rodillo, permitiendo así que ajos que no fueron pelados debidamente en el primer rodillo, sean pelados en un segundo paso.

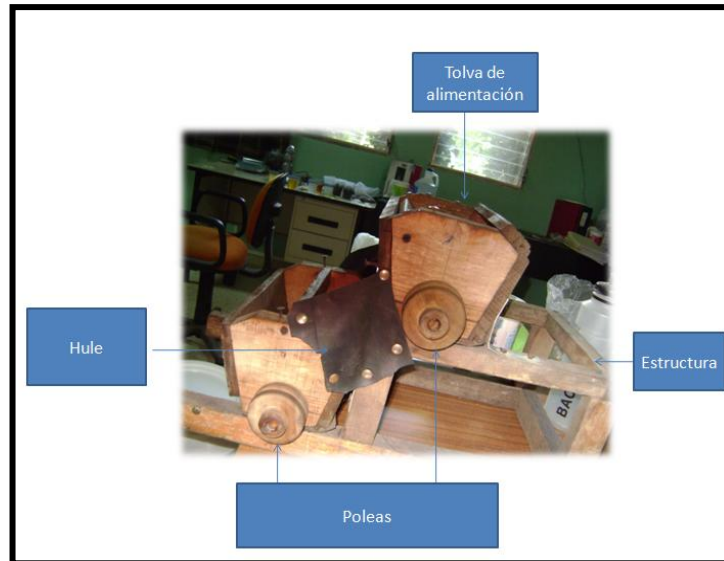


Figura 3. Partes del prototipo Inicial (madera)

3.5 ELABORACIÓN PROTOTIPO A

Dado los resultados obtenidos con el prototipo demostrativo, el cual mostró resultados satisfactorios, se desarrolló un prototipo en metal con el mismo principio del prototipo demostrativo. Esta nueva máquina fue construida en acero con una base de metal como lo muestra la figura 4. Este nuevo prototipo tiene integrado un motor con las siguientes especificaciones: 1 Hp marca Dayton y 1725 RPM.



Figura 4. Motor y poleas ubicadas en la máquina

El motor fue ubicado en la parte posterior del prototipo, y su función es hacer girar los rodillos que están conectados con el motor por medio de engranajes así como lo ilustra la

figura 5. El motor fue calibrado al sistema para un mejor funcionamiento, se dejo los rodillos girando entre 188-190 RPM.

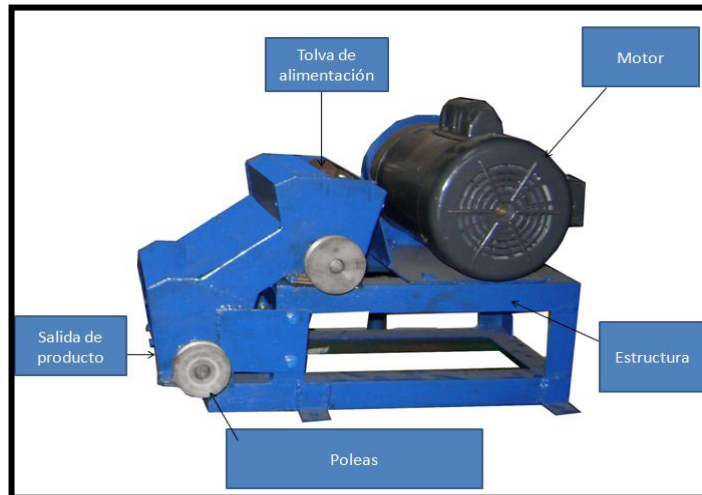


Figura 5. Partes principales del prototipo A

Al este prototipo se le decidió incorporar un soplador en la salida del último rodillo para remover la cascara de los dientes de ajo ya pelados. La figura 6 muestra la máquina con el soplador integrado.



Figura 6. Máquina con el soplador integrado

3.6 ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO B

Se diseñó un segundo prototipo que tiene un mecanismo de pelado diferente al prototipo A ya que no cuenta con rodillos sino con un eje giratorio y nylon ubicados en la parte interna de un cilindro como lo muestra la figura 7. El prototipo B cuenta con un marco de montaje conocido como tubo estructural de 5.08 cm x 7.62 cm en forma de U de 71.12 cm

de largo. En el marco de montaje está ubicado en la parte superior un tubo de 3.175 cm diámetro y 81.28 cm de largo, sobre este tubo se montó toda la estructura de la máquina peladora de ajos. En el centro del tubo principal está ubicado un cilindro despulpador, este contiene en el interior un eje giratorio que a su vez está unido al motor mediante una banda AV 3e de 94 cm y conectada a la polea de 20.32 cm diámetro.

El cilindro despulpador tiene 45.72 cm de largo y un diámetro interno de 15.24 cm. El material del cual fue hecho el cilindro es PVC de alta calidad. El eje rotatorio ubicado en el interior del cilindro tiene una longitud de 30 cm y 2.54 cm diámetro. El eje rotatorio consta de 15 agujeros que son portadores de escobillas de nylon de 3/8 de grueso.

Se instaló un motor monofásico de 1 hp y 1725 RPM. El cilindro contiene una tolva de alimentación situada en la parte superior del cilindro y una tolva de descarga en la parte inferior. Toda la estructura explicada está montada sobre una mesa metálica de 61 cm x 61 cm (3721 m^2) y 81.28 cm de altura esta área está forrada por malla perforada como lo muestra la figura 8.

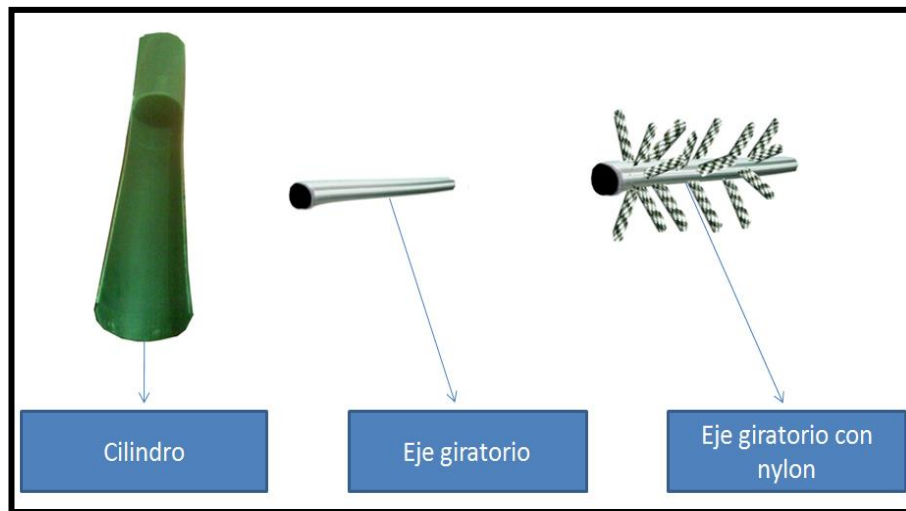


Figura 7. Partes principales del prototipo B



Figura 8. Máquina B instalada sobre una mesa metálica

3.7 PRUEBA COMPARATIVA

Para la prueba se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA). Este consistía en cuatro bloques y 3 tratamientos como lo muestra el cuadro 2. El diseño constaba de un total de 12 unidades experimentales donde se bloqueo para las repeticiones.

Cuadro 2. Diseño Experimental BCA

Tratamiento	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición
Maquina A	7	3	3	9
Maquina B	9	7	8	7
Manual	8,1,3	8,9,1	7,9,1	8,1,3

Se realizó toma de datos de ajos pelados manualmente durante 4 días, tres veces por día como lo muestra el cuadro 1, para determinar los kg de ajo pelado a mano por hora. Los datos obtenidos del pelado a mano, el pelado del prototipo A y prototipo B en el mismo lapso de tiempo constituyen los tres tratamientos a evaluar.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
Mecanizado	Pelado con máquina A
Mecanizado	Pelado con máquina B
Manual	Pelado a mano

Se realizó toma de datos de ajos pelados manualmente durante 4 días. Se midió rendimiento tres veces por día. Los datos obtenidos del pelado a mano y el pelado de la máquina en el mismo lapso de tiempo constituyen los tratamientos a evaluar. Simultáneamente durante esos cuatro días se pelaron ajos en la maquina tres veces por día en un periodo de una hora.

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de varianza con una separación de medias Tukey ($P < 0.05$). Para el análisis se utilizó el programa Statistical Analysis System® 2002-2003.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO

Todos los tratamientos presentaron diferencia significativa ($P < 0.0001$) en cuanto a la capacidad de procesamiento (Tiempo min/Kg MP), cantidad de ajo pelado (Tiempo min /KG ajo pelado), rendimiento, basura y cantidad de ajo no pelado tal como lo muestra el cuadro 4.

La maquina A (tratamiento 1) presento la mayor capacidad de proceso (min/ kg de MP) con 3.14 min/kg en comparación con los 3.88 min/kg de la máquina A y los 35.88 min/kg del pelado a mano. Esto es debido a que posee un sistema de pelado más rápido que los otros métodos analizado en el estudio. El pelado manual presenta el menor desempeño dado que una persona solo es capaz de pelar un ajo a la vez en un tiempo mayor que el de las maquinas.

En cuanto a rendimiento el proceso manual presento un rendimiento del 95%, la máquina A un 19% y la maquina B un 60.17%. Esto se da porque el pelado manual pela casi en su totalidad los ajos en comparación con los kg de productos que entran a proceso, siendo el peor tratamiento en cuanto a rendimiento la maquina 1. El proceso de pelado manual presento un mayor rendimiento que el prototipo A y B debido a que el rendimiento se calculo con respecto a la cantidad de ajo procesado y los ajos pelados, sin embargo manualmente se procesen menos ajos (kg/h), la cantidad de ajos pelados en relación a los ajos procesados hace más efectivo el sistema de pelado manual.

La maquina B presento un 38.21% de ajos no pelados, esto es posible porque tiene un sistema de pelado en el cual varias cuerdas de nylon tienen contacto en repetidas ocasiones con cada diente de ajo, permitiendo de esta manera reducir considerablemente la cantidad de ajo no pelado. El prototipo A repasa cada diente solamente dos veces reduciendo la posibilidad de ajo pelado y obteniendo rendimientos de 75.45% de ajos no pelados en comparación con la prototipo B y el pelado manual por ser el proceso más paulatino y más controlado presenta un pelado del 95%.

Cuadro 4. Rendimiento de los métodos de pelado de ajo (kg/h)*

Trata- miento	Tiempo min/Kg ajo entrando		Rendimiento		No pelado		Basura		Tiempo min /Kg ajo pelado	
	Media	DEV	Media	DEV	Media	DEV	Media	DEV	Media	DEV
1	3.145	0.167 ^c	19.108	1.503 ^c	75.45%	0.016 ^a	3.43%	0.002 ^a	16.510	1.155 ^b
2	3.884	0.037 ^b	60.168	1.041 ^b	38.21%	0.010 ^b	1.61%	0.001 ^b	6.456	0.074 ^c
3	35.880	0.539 ^a	95.965	0.742 ^a	0.00%	0.000 ^c	4.06%	0.006 ^a	37.391	0.621 ^a

* Columnas con letras diferentes son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Análisis de Costo

Los resultados obtenidos del análisis de costo muestran en el cuadro 5 que el costo de operación para el prototipo A es de L.43.78/h y el del prototipo B es de L.47.38/h. Esto se obtuvo con respecto a los rendimientos obtenidos de cada máquina y las horas de trabajo al año en donde el prototipo A muestra costos de operación más bajo que el prototipo b, pero el prototipo A trabajará 247.27 horas al año en comparación con las 97.04 del prototipo B. Esto se da porque la máquina A presente un menor rendimiento (3.63 kg/h). Incrementando el costo del ajo pelado. El costo del ajo pelado es de L.5.09/kg para la máquina B en comparación con los L.12.06/kg de la máquina A. Este análisis de costo indica que hay un incremento en rendimiento de 547% si pelamos ajos con la máquina B y no a mano y un incremento del 213% se utiliza la máquina A en vez del pelado manual.

Cuadro 5. Comparación Costo de Producción en L/hora*

	Costo Operación	Rendimiento Kg/h	Costo ajo pelado	Incremento en Rendimiento
Prototipo A	43.78	3.63	12.06	213%
Prototipo B	47.38	9.30	5.09	547%
Manual	Contrato obra	1.70	12.00	100%

* Tasa de cambio 1 US\$ = 19.05

5. CONCLUSIONES

- El prototipo A rinde 3.63 kg/h, el prototipo B rinde 9.30 kg/h y manualmente se obtiene 1.70 kg/h.
- El prototipo A obtiene una producción 213% mayor que la manual y el prototipo B una producción de 547% mayor que la manual, existiendo diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$).
- El costo de producir un kg de ajo pelado en el prototipo A es L.12.06, con el prototipo B L. 5.09 y para el proceso manual L12.00.

6. RECOMENDACIONES

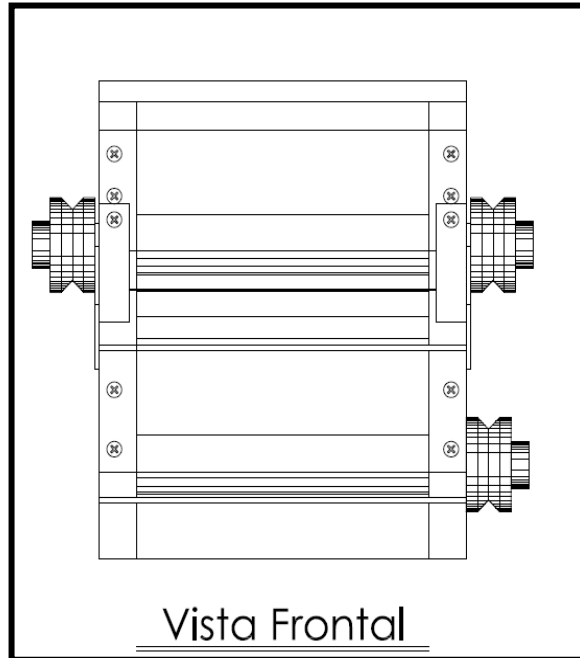
- Realizar análisis microbiológico para determinar si los mecanismos de pelado del ajo están contaminando al producto.
- Estudiar posteriormente la eficiencia en función del % de humedad del ajo entero.
- Añadir a la máquina B un soplador para separar la cáscara obtenida durante el proceso.

7. BIBLIOGRAFÍA

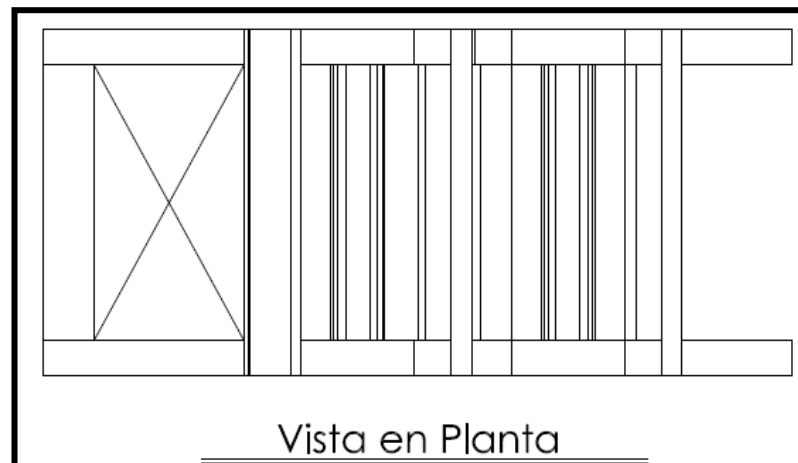
- United States Department for Agriculture.1997. United States standards for Grade of Garlic (en línea). Consultado 27 de septiembre 2009. Disponible en: <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5050266>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.2006. Comisión del Codex Alimentarius (en línea). Consultado 19 septiembre 2009. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/codex/ccpr41/pr4104bs.pdf>
- Bueno, R. 2002. Tecnologías del Conocimiento para el Diseño de Máquinas-Herramientas (en línea). Consultado 27 septiembre 2009. Disponible en: http://www.eticayempresa.com/monografias_dir/conocmaqherram.pdf
- Burba, J. 1997. Equivalencia para el calibre del ajo (en línea). Consultado 19 septiembre 2009. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/laconsulta/info/indices/tematica/ajo/DOC%20068%20Equivalencia%20%20Internacional%20para%20calibres%20de%20ajo.pdf>
- ASFE. 2006. Boletín del Ajo (en línea). Consultado 24 septiembre 2009. Disponible en: <http://www.santafeagro.net/Boletines/boletin%20ajo%201.pdf>

8. ANEXOS

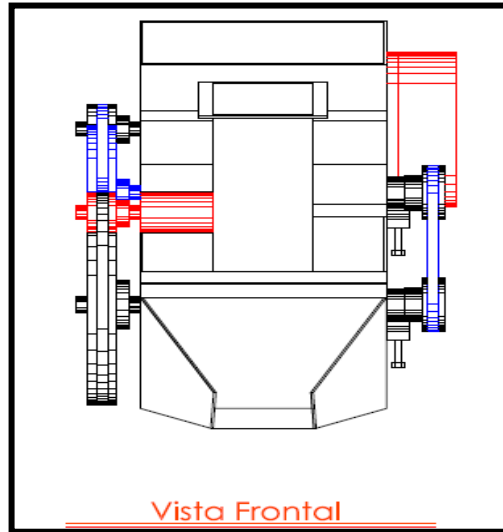
Anexo 1. Prototipo de Madera Vista Frontal



Anexo 2. Prototipo de Madera Vista Planta



Anexo 3. Prototipo A Vista Frontal



Anexo 4. Prototipo A Vista Planta

