

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA
PELADORA DE PAPAS**

JEINNER ALEXANDER BASTOS VEGA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2009

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA
PELADORA DE PAPAS**

JEINNER ALEXANDER BASTOS VEGA

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

JABID EDUARDO QUIROGA MENDEZ

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2009

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, 17 de Noviembre de 2009

DEDICATORIA

Mi anhelo siempre fue darle grandes satisfacciones a todo mi núcleo familiar y quiero dedicarle el título a mi madre, Magda Rocío que fue ese pilar que con su gran don de ser y su sacrificio, me encamino a ver y percibir un mundo más amplio, del que simplemente tratamos de conocer.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a:

- Jabid Quiroga que me ayudó y fue el amigo que me incito a trabajar.
- Hernando López Forero y Omar Landazábal que con su gran experiencia me ayudaron en la construcción de la máquina.
- Esa fuerza creadora que nos da sabiduría.
- Yohanna Rocío por la entrega y ayuda oportuna en mis labores.
- Mi familia por siempre creer en mí; y a todas las personas que me acompañaron durante este proyecto.

Jeinner Alexander Bastos Vega

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. LA PAPA	3
1.1 ORÍGENES	3
1.2 BOTÁNICA	4
1.2.1 La planta	4
1.2.2 El tubérculo	5
1.3 CULTIVO	6
1.3.1 Variedades de papa	8
1.4 USOS DE LA PAPA	10
1.4.1 Usos no alimentarios.	11
1.4.2 Usos alimentarios	11
1.5 PROCESAMIENTO DE LA PAPA	12
1.5.1 Proceso papa prefrita congelada	13
2. MÁQUINAS PELADORAS DE PAPA	15
2.1 PELADORA DE PAPA DE EJE VERTICAL	15
2.1.1 Funcionamiento	16
2.1.2 Ventajas:	16
2.2 PELADORA DE PAPA DE EJE LONGITUDINAL	17
2.2.1 Funcionamiento	18
2.2.2 Ventajas	19
3. DISEÑO DE LA MÁQUINA PROPUESTA	20
3.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD (QFD)	20

3.1.1	Voz del cliente	20
3.1.2	Organización requerimientos del cliente.	21
3.2	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	23
3.2.1	Máquina de eje vertical. Proceso de pelado por abrasivo SiC	23
3.2.2	Máquina de eje vertical. Proceso de pelado por lata perforada.	24
3.2.3	Máquina de eje longitudinal. Proceso de pelado por fricción con rodillos.	24
3.3	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	25
3.4	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA.	26
3.4.1	Tipo de material a emplear.	26
3.4.2	Tolva	26
3.4.3	Base	27
3.4.4	Rotor	27
3.4.5	Estator	28
3.4.6	Soporte	29
3.4.7	Medio Transmisión de potencia	29
3.4.8	Estructura para el soporte	29
3.5	CAPACIDAD DE LA MÁQUINA	30
3.5.1	Velocidad de pelado	30
3.5.2	Grano abrasivo	39
3.5.3	Estator	40
3.6	POTENCIA DEL MOTOR.	40
4.	CÁLCULOS	43
4.1	SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA	43
4.1.1	Determinación potencia de proyecto (P_p)	44
4.1.2	Perfil de la correa	44
4.1.3	Distancia entre centros	44

4.1.4	Corrección distancia entre centros	45
4.1.5	Ángulos de contacto	45
4.1.6	Determinación número de correas	46
4.1.7	Características de la transmisión	47
4.2	EJE DEL ROTOR	47
4.2.1	Cargas Flectoras	47
4.2.2	Cargas torsionales	48
4.2.3	Carga axial	49
4.2.4	Sección Crítica	49
4.2.5	C.A.E	56
4.3	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS	58
5.	CONSTRUCCIÓN.	60
5.1	DESCRIPCIÓN DE PROCESOS	61
6.	PRUEBAS	66
7.	PRESUPUESTO	69
8.	CONCLUSIONES	71
9.	RECOMENDACIONES	72
	BIBLIOGRAFÍA	73
	ANEXOS	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. La planta de la papa	4
Figura 2. Composición química del tubérculo de la papa	5
Figura 3. Potencial comercial de la papa.	7
Figura 4. Uso integral de la papa.	10
Figura 5. Procesamiento industrial papa.	12
Figura 6. Secuencia en el procesamiento de papas fritas en tiras y Congelados a nivel industrial.	14
Figura 7. Máquina peladora de papa de eje vertical.	16
Figura 8. Máquina peladora de papa de eje longitudinal	18
Figura 9. Peladora de papa típica. Grano aplicado en su superficie.	24
Figura 10. Peladora y cilindro interno con perforaciones.	24
Figura 11. Máquinas peladora de papa de eje longitudinal	25
Figura 12. Tolva de alimentación.	27
Figura 13. Base del estator.	27
Figura 14. Rotor de la máquina.	28
Figura 15. Estator.	28
Figura 16. Soporte.	29
Figura 17. Medio de transmisión de potencia.	29
Figura 18. Soporte de la máquina.	30
Figura 19. Modelo.	32
Figura 20. Fuerza de fricción. Plano X-Y	32
Figura 21. Fuerza Normal Plano X-Z	33
Figura 22. Pendiente tomada por el tubérculo.	35
Figura 23. Longitud de arco del rotor.	35
Figura 24. Ángulo de salida del tubérculo.	37

Figura 25. Entorno <i>Simulink</i> ®.	37
Figura 26. Gráfica de desplazamiento	38
Figura 27. Gráfica de velocidad.	38
Figura 28. Inercia del sistema	41
Figura 29. Ángulos en las poleas	45
Figura 30. Diagrama de esfuerzos de el eje.	50
Figura 31. Gráfico de esfuerzo estático.	56
Figura 32. Gráfico de desplazamiento.	57
Figura 33. Gráfico factor de seguridad.	58
Figura 34. Imágenes Fundicion máquina.	62
Figura 35. Elementos del eje - Torno.	63
Figura 36. Base.	63
Figura 37. Soporte.	64
Figura 38. Rotor y estator con grano.	64
Figura 39. Sistema de control.	65
Figura 40. Proceso de pesado pruebas.	66
Figura 41. Papa despues del proceso.	67

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Micronutrientes (una papa cruda con su piel, 213 g)	6
Tabla 2. Variedades de la papa	9
Tabla 3. Alternativas locales e internacionales de peladoras por abrasión.	17
Tabla 4. Matriz de calidad	22
Tabla 5. Selección de requisitos	23
Tabla 6. Evaluación de alternativas	25
Tabla 7. Resolución de parámetros	39
Tabla 8. Determinación procesos de manufactura	60
Tabla 9. Datos de pruebas.	67

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Selección por correas	75
Anexo B. Catálogo de rodamientos NTN.	77
Anexo C. Dimensiones motor ejecución B3.	78
Anexo D. Material AISI 1045.	79
Anexo E. Clasificación del tamaño de los granos.	80
Anexo F. Planos	81

NOMENCLATURA O GLOSARIO

NOTACIÓN

\ddot{r} = Aceleración. $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

r = Posición. $[m]$

$\dot{\theta}$ = Velocidad angular $\left[\frac{rad}{s}\right]$

$\ddot{\theta}$ = Aceleración angular $\left[\frac{rad}{s^2}\right]$

θ = Ángulo, grados o radianes.

g = Gravedad $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

m = Masa $[Kg]$

F_f = Fuerza de fricción $[N]$

F_r = Fuerza radial $[N]$

F_θ = Fuerza transversal $[N]$

a_r = Aceleración radial

a_θ = Aceleración transversal

h = Altura $[m]$

μ = Coeficiente de rozamiento

l_a = Longitud de arco $[m]$

T = Torque. $[N - m]$

Δt = Tiempo necesario para efectuar el cambio de velocidad. $[s]$

I_{ef} = Inercia efectiva de las piezas en rotación. $[Kg - m^2]$

I = Inercia del sistema $[Kg - m^2]$

ΔN = Cambio en la velocidad. $\left[\frac{rad}{s}\right]$

k = Factor de servicio basado en la aplicación

Pot = Potencia $[W]$

i = Relación de velocidades

C = Distancia entre centros [cm]

L_p = Longitud original de la correa [cm]

D_p = Diámetro primitivo polea mayor [cm]

d_p = Diámetro primitivo polea menor. [cm]

M_R = Momento flector [$N - m$]

S_e' = Limite de resistencia a la fatiga del elemento afectado

S_e = Resistencia a la fatiga elemento ideal

k_l = Factor de carga

k_s = Factor de acabado superficial

k_d = Factor de tamaño.

k_c = Factor de confiabilidad.

k_T = Factor de temperatura

k_m = Factor de efectos misceláneos.

k_f = Factor concentrador de esfuerzos para fatiga

q = Sensibilidad a la entalladura

σ_{eqa} = Esfuerzo alternativo

σ_{eqm} = Esfuerzo medio

P_r = Carga radial dinámica equivalente, [N].

C_r = Capacidad del rodamiento

SUBÍNDICES

i = inicial

f = final

x = Eje por el cual actúa.

y = Eje por el cual actúa.

z = Eje por el cual actúa.

RESUMEN

TÍTULO:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA PELADORA DE PAPAS*

AUTOR:
Jeinner Alexander Bastos Vega**.

PALABRAS CLAVES:
Máquina peladora de papa, diseño, construcción.

DESCRIPCIÓN:

Con el propósito de ofrecer una solución a los microempresarios de la industria alimenticia y de comidas rápidas, y teniendo en cuenta que la papa es un producto de gran importancia en la dieta colombiana, se consolidaron todos los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Mecánica, en una máquina peladora de papa, que genera ahorro de tiempo y recursos, removiendo la cáscara de hasta 11 kg de papa en un tiempo de 1 a 3 minutos con el mínimo de desperdicio de masa aprovechable.

El diseño de la máquina parte de la escogencia de ciertas características que la hacen económica, de fácil manejo y mantenimiento, criterios favorables para cualquier microempresario. La disposición de los elementos de máquina permite que sea compacta y de transporte sencillo.

La máquina tiene un disco giratorio que produce un movimiento continuo de la papa ocasionando un contacto en toda su superficie con la pared del estator, la cual está recubierta de un grano abrasivo (Carburo de silicio) removiendo la cáscara por rozamiento. Gracias a un sistema de irrigación constante de agua, los desperdicios tienen su propia salida obteniéndose un producto listo para su proceso de verificación, corte o preparación.

Como apoyo de cálculos de ingeniería se utiliza como soporte de diseño paquetes CAD (*Solidworks*®) y CAE (*Cosmosworks*®) para corroborar cálculos manuales y simular piezas a distintos esfuerzos, aumentando la confiabilidad del equipo.

En la construcción se destaca la utilización de materiales seguros para la salud humana necesarios para equipos de procesamiento de alimentos.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Jabid Quiroga Méndez.

ABSTRACT

TITLE:
DESIGN AND CONSTRUCTION OF A POTATO PEELER MACHINE *

AUTHOR:
Jeinner Alexander Bastos Vega. **

KEY WORDS:
Potato peeler machine, design, construction.

DESCRIPTION:

In order to provide a solution to food industry and fast food micro-entrepreneurs and taking into account that the potato is a very important product in the Colombian diet, all the knowledge got during the career of Mechanical Engineering were consolidated, in a potato peeling machine, generating savings of time and resources, removing the skin up to 11 kg of potatoes in a time of 1 to 3 minutes with minimal waste of usable mass.

The design of the machine begins with the selection of some characteristics that make it economical, easy to operate and keep, good advantages for any micro-entrepreneur. The position of the machine elements makes it compact and of easy transportation.

The machine has a rotating disc that produces a continuous movement of the potato causing an entire surface contact with the wall of the stator, which is covered with a abrasive grain (Carborundum) peeling off the skin friction. Through a constant irrigation water, litters have their own output to produce a product ready for the verification process, cutting or preparation.

Based on engineering calculations some parcels are used as support of design packets CAD (*Solidworks*®) and CAE (*Cosmosworks*®) to check manual calculations and to simulate pieces to different efforts, increasing the reliability of the equipment.

In the construction is emphasized the use of materials on human health insurance required for food processing equipment.

* Thesis Work

** Physical- Mechanical Sciences Faculty, Engineering Mechanical School. Eng. Jabid Quiroga Mendez

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, el incremento de la demanda por productos procesados se ha visto favorecida por el crecimiento de la población urbana y el aumento en los ingresos en algunos casos, lo que ha generado cambios en la dieta alimenticia. La rápida expansión de la industria de comidas rápidas ha sido un factor influyente en la demanda de productos procesados, observándose así, la necesidad de automatizar ciertos procesos a fin de generar mayor rendimiento de tiempo, materia prima y dinero.

La Universidad Industrial de Santander a través de la carrera de ingeniería mecánica, busca formar estudiantes capaces de aplicar los conocimientos a la solución de problemas de ingeniería; por esto, con este proyecto se quiere promover en el mercado una máquina que pueda quitarle la cáscara a la papa, por ser uno de los alimentos de mayor consumo en nuestro país. Así mismo, porque es una solución eficiente para pequeños y medianos empresarios, por los bajos costos y con un óptimo rendimiento y reducción substancial del desperdicio, que son factores determinantes de la rentabilidad. De igual forma, la máquina peladora de papa diseñada y construida, ofrece seguridad, ayudando a realizar el trabajo con el menor riesgo de accidentes porque cuenta con las normas de seguridad industrial, los estándares de utilización de materiales adecuados para el procesamiento de alimentos y protección al medio ambiente.

En el capítulo 1 se presentan las características generales de la papa, dando a conocer sus orígenes, sus propiedades y las variedades que existen.

El capítulo 2 da a conocer la variedad de máquinas peladoras de papa que existen en el mercado con sus ventajas y desventajas.

El capítulo 3 tiene como fin presentar el prototipo de la máquina peladora de papa, donde se incluye la función de despliegue de calidad (QFD) para conocer los requerimientos de los posibles clientes, los parámetros escogidos y los mecanismos de acción de la máquina, como la matriz de calidad, las características de diseño y rendimiento que se requieren para la industria alimentaria, y una descripción detallada de cada pieza que la conforma.

En el 4 capítulo se exponen los cálculos realizados para precisar dimensiones, fuerzas y elementos de máquina, de acuerdo al diseño planteado.

En el capítulo 5 se describe el ensamble realizado a la máquina con sus los procesos de manufactura.

En el capítulo 6 se registran las pruebas realizadas con el prototipo ya construido, para conocer la calidad de pelado, la pérdida de materia prima determinando la eficiencia de este prototipo, finalmente, en el capítulo 7 se muestran el presupuesto de la máquina.

1. LA PAPA¹

1.1 ORÍGENES

Los orígenes de la papa (*Solanum, especie tuberosum*), se remonta hace unos 8.000 años en América del Sur cerca del lago Titicaca en la cordillera de los Andes, donde las comunidades de cazadores y recolectores domesticaron las plantas silvestres de la papa que se daban en abundancia en los alrededores del lago, escogiendo y mejorando una gran variedad de cultivos del tubérculo.

La difusión de la papa desde los Andes hacia el resto del planeta comenzó con la conquista española del Perú entre 1532 y 1572, los conquistadores llevaron de regreso a Europa el *Solanum tuberosum*, datándose la primera constancia del cultivo de la papa en Europa en 1565, en las Islas Canarias de España. Para 1573 se cultiva la papa en la península ibérica y en 1597 ya se cultivaban papas en Londres, llegando a Francia y a los Países Bajos poco después.

La papa llegó a la India, China y el Japón a principios del siglo XVII a través de los marineros europeos los cuales las llevaban para consumirlas en sus largas travesías. La papa también recibió inesperadamente una gran acogida en Irlanda, donde resultó adecuada para el clima fresco y el suelo húmedo. Los emigrantes irlandeses se llevaron este tubérculo, y el nombre «papa irlandesa», a América del Norte a principios del siglo XVIII.

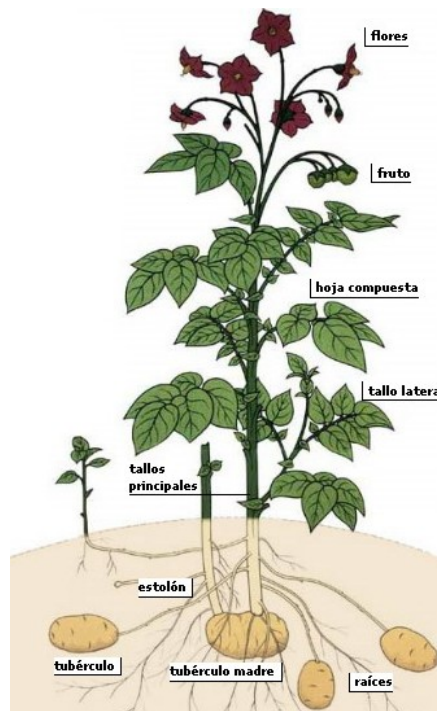
¹ Reseña de fin de año. Nueva luz sobre un tesoro enterrado. Organización de la Naciones Unidas. Año internacional de la papa. Roma 2009.

1.2 BOTÁNICA

1.2.1 La planta. La papa (*Solanum tuberosum*) es una herbácea anual que alcanza una altura de un metro y produce un tubérculo, la papa misma, con tan abundante contenido de almidón que ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento, después del maíz, el trigo y el arroz. La papa pertenece a la familia de floríferas de las solanáceas, del género *Solanum*, formado por otras mil especies por lo menos, como el tomate y la berenjena.

La investigación reciente revela que el *S. tuberosum* se divide en dos grupos de cultivares ligeramente distintos: el Andigenum, adaptado a condiciones de días breves, cultivado principalmente en los Andes, y el Chilotanum, la papa que hoy se cultiva en todo el mundo.

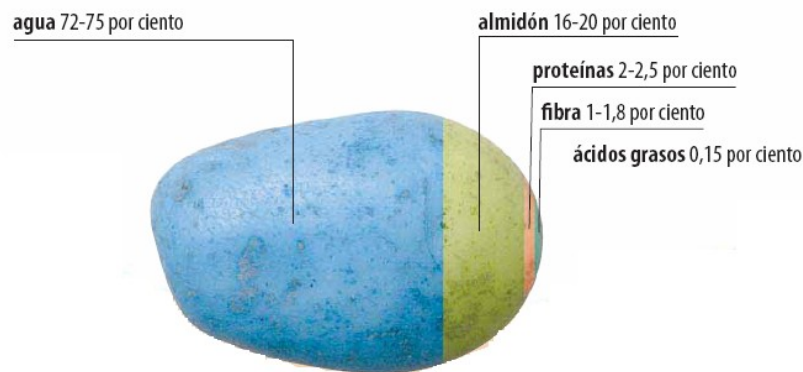
Figura 1. La planta de la papa



Fuente: Nueva luz sobre un tesoro enterrado. ONU Roma 2009. Pág. 12

1.2.2 El tubérculo. Al crecer, las hojas compuestas de la planta de la papa producen almidón, el cual se desplaza hacia la parte final de los tallos subterráneos, también llamados estolones. Estos tallos sufren la consecuencia de un engrosamiento y así se producen unos cuantos o hasta 20 tubérculos cerca de la superficie del suelo. El número de tubérculos que llegan a madurar depende de la disponibilidad de humedad y nutrientes del suelo. El tubérculo puede tener formas y tamaños distintos, y por lo general pesa hasta 300 g. Al terminar el período de crecimiento, las hojas y tallos de la planta se marchitan y los tubérculos se desprenden de los estolones. A partir de este momento, los tubérculos funcionan como depósito de nutrientes que permite a la planta subsistir en el frío y posteriormente reverdecer y reproducirse.

Figura 2. Composición química del tubérculo de la papa



Fuente: Nueva luz sobre un tesoro enterrado. ONU Roma 2009. Pág. 21

Un tubérculo de papa crudo tiene un gran contenido de micronutrientes, las vitaminas y minerales esenciales para la salud. Una papa de tamaño medio contiene una gran cantidad de potasio, y casi la mitad de la vitamina C necesaria a diario para los adultos. También es una fuente importante de vitaminas del complejo B y minerales, como el fósforo y el magnesio.

Tabla 1. Micronutrientes (una papa cruda con su piel, 213 g)

Minerales	
Potasio	897 mg
Fósforo	121 mg
Magnesio	49 mg
Hierro	1.66 mg

Vitaminas	
Vitamina C	42 mg
Niacina	2,2 mg
Vitamina B6	0,62 mg
Tiamina	0,17 mg

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Base de datos nacional de nutrientes

1.3 CULTIVO²

Actualmente la papa se cultiva en más de 100 países en clima templado, subtropical y tropical. Se da fundamentalmente el cultivo en clima templado, donde la temperatura permanece en promedio de 18° a 20° C durante todo el día. En regiones donde la temperatura es más cálida se siembra finalizando la temporada de invierno y en regiones templadas a comienzos de la primavera.

La papa es una planta de gran capacidad de adaptación y se da bien sin que el suelo ni las condiciones de cultivo sean ideales. No obstante, es víctima de una serie de plagas y enfermedades; los agricultores para combatir esto evitan sembrar en las mismas tierras durante período de tiempo determinados.

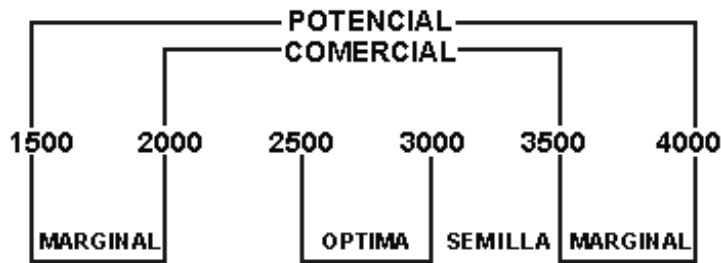
En Colombia es la actividad agrícola más importante, donde se benefician y de la cual subsisten miles de familias campesinas; también abastece la

² Centro virtual de investigación de la cadena agroalimentaria de la papa.
<http://www.cevipapa.org.co/>

industria comercial de la papa más grande la región andina. En el año 2000 la producción supero a países como Bolivia, Perú y Ecuador con 2,8 millones de toneladas, a partir de esto el área cultivada de la papa para el año 2007 ha disminuido de 170 000 a 110 000 hectáreas con una producción de 1,9 millones de toneladas.

La papa se cultiva especialmente a alturas de 2 500 a 3 000 metros en la cordillera central donde se da la producción máxima pero el cultivo para la producción comercial va alturas desde los 2 000 y 3 500 metros aunque él no estar en los valores óptimos se presentan plagas y enfermedades fácilmente.

Figura 3. Potencial comercial de la papa.



Fuente: Centro virtual de investigación de la cadena agroalimentaria de la papa

La producción comercial de la papa se practica en terrenos de ladera en un 90% y el restante en planos mecanizables.

En los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia se concentra en promedio el 89% del área cultivada y el 90% de la producción. El porcentaje restante se encuentra en los Santanderes, Tolima, Cauca, Caldas y Valle del Cauca.

1.3.1 Variedades de papa³ Casi todas las variedades de papa conocidas, pertenecen a una sola especie, la *Solanum tuberosum*, algunas de ellas, las más populares se pueden apreciar en la Tabla 2. Se conoce además, que las variedades de mayor cultivo a nivel mundial, son otras 10 especies botánicas de *Solanum*, y se encuentran documentadas más de 200 especies silvestres.

En Colombia, según la Federación Colombiana de productores de papa (FEDEPAPA), existen más de 30 variedades de papa pero sólo 10 de ellas cuentan con importancia comercial. La variedad denominada Parda Pastusa es la más cultivada y la que se consume en mayor cantidad, básicamente en estado fresco. Datos recientes indican que en Cundinamarca el 74% de la papa cultivada es de esta variedad y en el departamento de Boyacá representa el 50% del cultivo.















Le sigue en importancia, la Diacol Capiro⁴ (también conocida como R12 negra), se utiliza como materia prima para la industria, para el consumo en fresco y la exportación. El 18% del área cultivada en Cundinamarca y el 21% en Boyacá es de esta variedad.

Otras variedades son la ICA-Puracé, utilizada preferentemente en algunas regiones del país (climas templado y cálido) para consumo en fresco, la Tuquerreña o Sabanera, consumida principalmente en Bogotá y la Criolla (*Solanum phureja*) o también denominada yema de huevo, que ocupa en la actualidad alrededor de 12.000 hectáreas, ubicadas en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño.

³ LA CADENA DE LA PAPA EN COLOMBIA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agro cadenas Colombia. Enero 2006

⁴ Diacol Capiro es una variedad de papa de origen colombiano, obtenida en el Instituto Colombiano Agropecuario ICA.

Tabla 2. Variedades de la papa

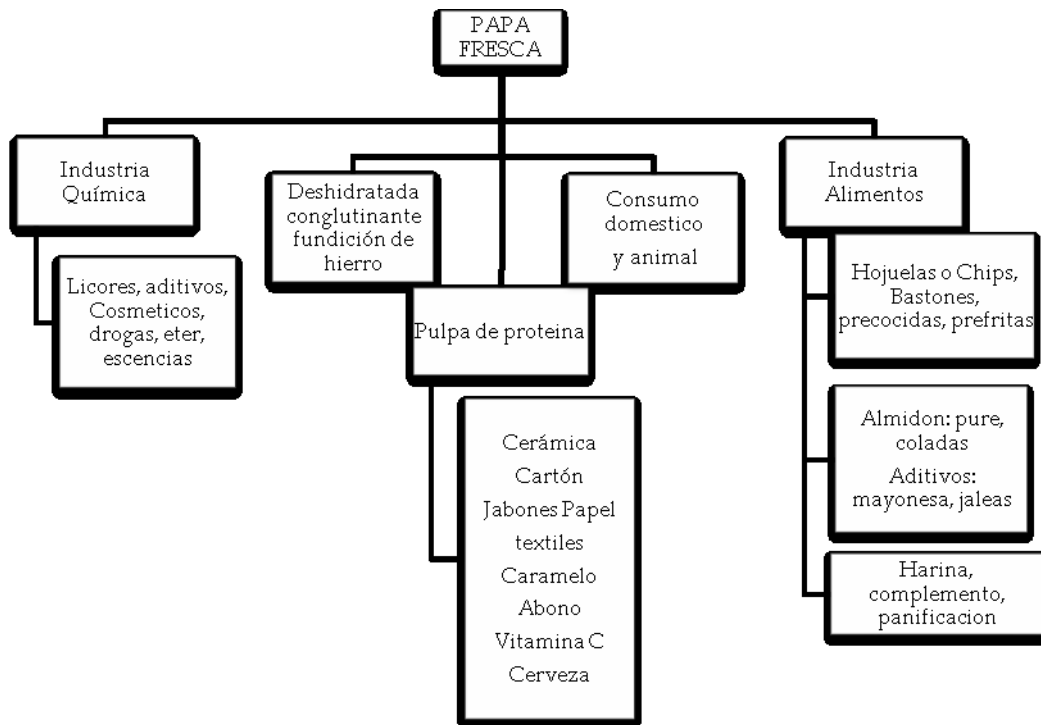
 <p>1. Kipfler Variedad alemana alargada de pulpa color crema, frecuente en la ensalada</p>	 <p>2. Vitelotte Especialidad francesa apreciada por su piel azul oscura y su pulpa violeta</p>	 <p>3. Tubira Se produce en África occidental, de pulpa blanca, piel rosada. Muy productiva</p>
 <p>4. Yukon Gold: Tubérculo canadiense de pulpa amarilla, inmejorable frita, al horno, en puré</p>	 <p>5. Nicola Variedad holandesa muy popular, de las mejores para hervir y en ensaladas</p>	 <p>6. Russet Burbank La clásica papa de los Estados Unidos, excelente al horno y frita a la francesa</p>
 <p>7. Lapin puikula Centenaria en Finlandia.</p>	 <p>8. Désirée De piel roja, pulpa amarilla y sabor característico.</p>	 <p>9. Atahualpa Producida en el Perú, de gran rendimiento, óptima para el horno y la sartén.</p>
 <p>10. Maris Bard Variedad británica blanca de textura suave como la cera, apta para hervirse</p>	 <p>11. Spunta Otra variedad de gran éxito comercial, buena para hervir o asar</p>	 <p>12. Papa colorada Llega a las Canarias en los barcos españoles, en 1567</p>
 <p>13. Diacol Capiro Variedad colombiana que se utiliza como materia prima para la industria, producto de exportación y para consumo en fresco</p>		 <p>14. Parda Pastusa Es la más cultivada en Colombia y la de mayor consumo en fresco a nivel nacional</p>

Fuente: <http://cookalmostanything.blogspot.com/> [1]; <http://www.wikipedia.org/> [12]; <http://www.plantdepommedeterre.org/> [2]; <http://www.lapinkeittiomestarit.fi/> [7]; www.inspection.gc.ca [4,6, 8,10]; www.potato.nl/es/ [5, 11]; <http://www.cipotato.org/> [3, 9].

1.4 USOS DE LA PAPA

De la papa se pueden obtener múltiples productos aplicables a diferentes áreas de la industria y no simplemente ser empleada en preparación de alimentos para el hogar; el consumo de la papa en presentación fresca no supera el 50% de la producción mundial, por consiguiente el resto es utilizado por la industria para obtener alimentos e ingredientes alimentarios industriales, piensos⁵ para el ganado bovino, porcino y las aves de corral, almidón para la industria química y tubérculos semilla para la siguiente cosecha.

Figura 4. Uso integral de la papa.



Fuente: Observatorio agrocadenas.

⁵ Mezclas de productos de origen vegetal o animal en su estado natural, frescos o conservados, o de sustancias orgánicas o inorgánicas, contengan o no aditivos, que estén destinados a la alimentación animal por vía oral.

1.4.1 Usos no alimentarios. El almidón de la papa es ampliamente utilizado por las industrias farmacéutica, textil, de la madera y del papel, como adhesivo, aglutinante, texturizador y relleno, y por las compañías que perforan pozos petroleros, para lavar los pozos. El almidón de papa es un sustituto 100 por ciento biodegradable del poliestireno y se utiliza, por ejemplo, para hacer platos y cubiertos desechables.

La cáscara de la papa y otros desechos «sin valor» de la industria de la papa tienen un abundante contenido de almidón, que se puede licuar para obtener etanol apto para la producción de combustibles. Un estudio realizado en Nueva Brunswick, provincia de Canadá productora de papa, calculó que 44,000 toneladas de desechos industriales de la papa podrían producir de 4 a 5 millones de litros de etanol.

1.4.2 Usos alimentarios. A nivel mundial el consumo de la papa está pasando del producto fresco a los productos alimentarios industriales con valor agregado, tales como papas fritas (hojuelas), papas preparadas congeladas y papas deshidratadas.

La industria alimentaria utiliza la harina de papa, que no contiene gluten pero sí abundante almidón, para aglutinar productos compuestos de diversos tipos de carnes e impartir espesor a salsas y sopas. La moderna industria es capaz de extraer hasta un 96 por ciento del almidón que contiene la papa cruda. El almidón de papa, un polvo fino y sin sabor, de «excelente textura», da mayor viscosidad que los almidones de trigo o de maíz, y permite elaborar productos más gustosos.

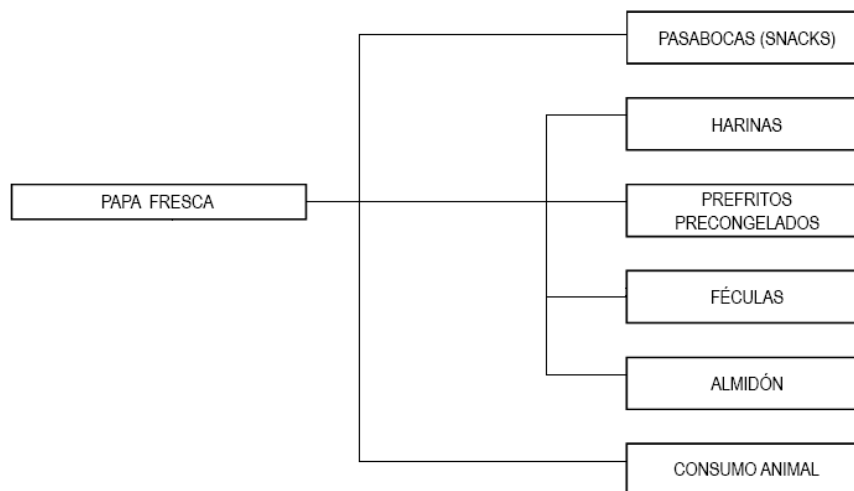
Por último, en Europa oriental y en los países escandinavos, las papas molidas se someten a tratamiento térmico para convertir su almidón en

azúcares que se fermentan y destilan para producir bebidas alcohólicas, como el vodka y aguardientes típicos de esas regiones.

1.5 PROCESAMIENTO DE LA PAPA⁶

La papa puede transformarse y obtener diversos productos de consumo con destino principalmente al sector alimenticio. En Colombia se producen féculas; almidones y/o harinas; productos precocidos o prefritos y congelados; al igual que bienes de consumo final conocidos como pasabocas o snacks.

Figura 5. Procesamiento industrial papa.



Fuente: Observatorio agrocadenas.

El principal producto congelado de papa es la papa prefrita (a la francesa), a éste se agregan productos con otras formas de corte, o reelaboradas con fécula o pasta de papa como las croquetas (snacks).

⁶ La Industria Procesadora de Papa, Plátano y Yuca: El Mercado de Pasabocas (Snacks) y Congelados en Colombia. Observatorio Agrocadenas Colombia, 2005

Para garantizar que los alimentos se conserven durante un periodo de tiempo considerable deben ser llevados a temperaturas por debajo de -18°C (proceso de congelación) teniendo en cuenta las características biológicas y las propias del producto final.

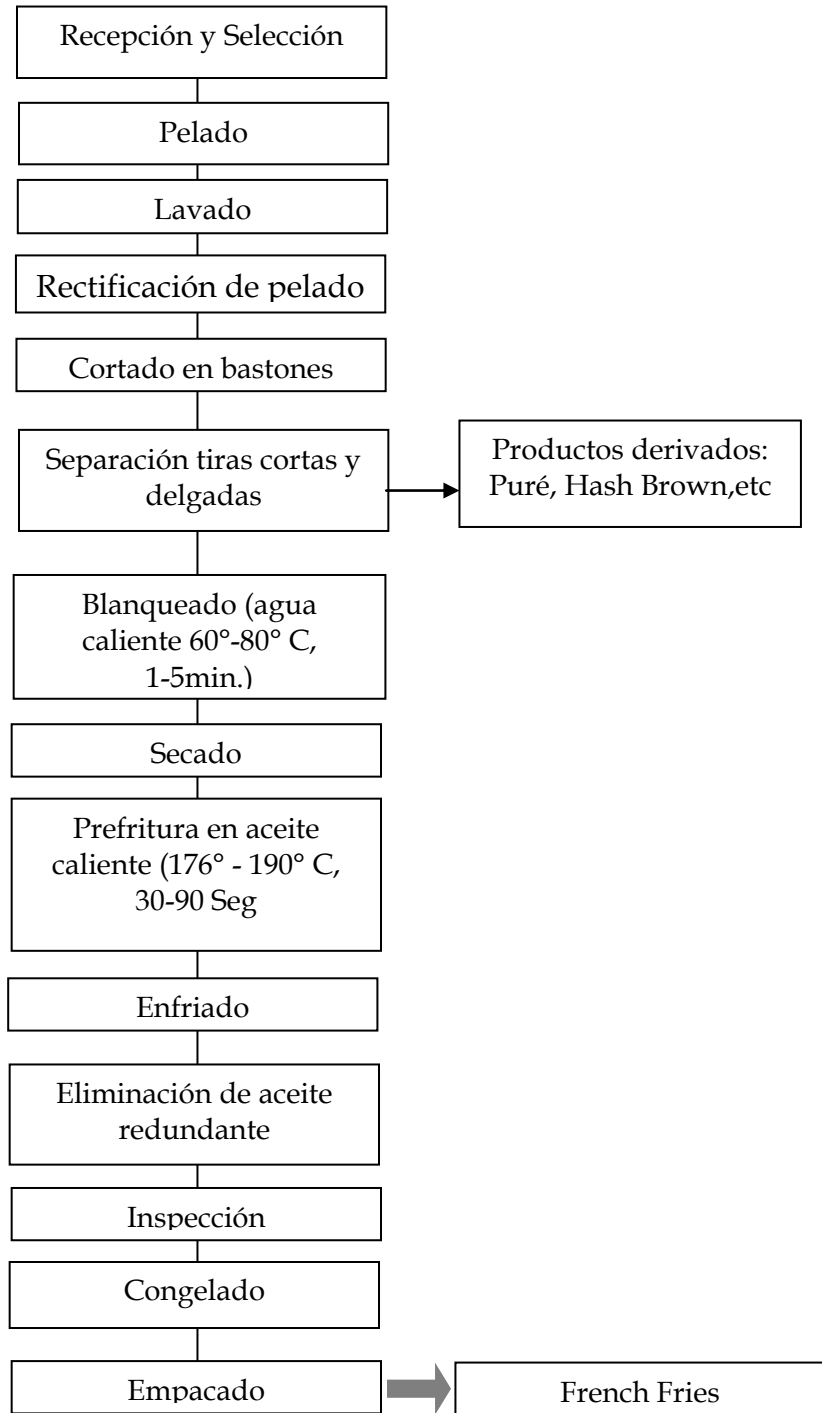
La industria de papa prefrita congelada para obtener 1 kg de producto necesita aproximadamente de 2 kg de papa fresca. Especificaciones propias de la materia prima como: color, textura, sólidos, longitud y defectos hacen que se obtenga una calidad del producto más exigente y procesos más eficientes.

Este proceso requiere de variedades de papa de forma alargada y chata en los extremos como la diacol capiro, con alto contenido de materia seca o sólidos para mayor rendimiento y una menor absorción de aceite.

La papa debe tener bajo contenido de azúcares reductores porque de lo contrario, se puede decolorar durante el fritado y disminuir la calidad del producto final. Para que no aumente el contenido de azúcares, la papa luego de ser cosechada debe ser conservada a una temperatura entre 13°C y 18°C y a una humedad relativa entre 90% y 95%, a la vez que debe ser tratada con antibrotes si se prevé un almacenamiento de varios meses.

1.5.1 Proceso papa prefrita congelada: El proceso de fabricación de la papa prefrita congelada pasa por las siguientes fases:

Figura 6. Secuencia en el procesamiento de papas fritas en tiras y Congelados a nivel industrial⁷.



⁷ Producción de la papa. Diacol capiro para la agroindustria. Care Perú. 2001Pág. 48

2. MÁQUINAS PELADORAS DE PAPA

En este capítulo el objetivo principal es mostrar algunos modelos de máquinas peladoras de papa de construcción nacional y extranjera que actualmente ofrece el mercado para la industria de alimentos y hacer una descripción en cuanto a funcionamiento expresando ventajas respecto al diseño.

2.1 PELADORA DE PAPA DE EJE VERTICAL

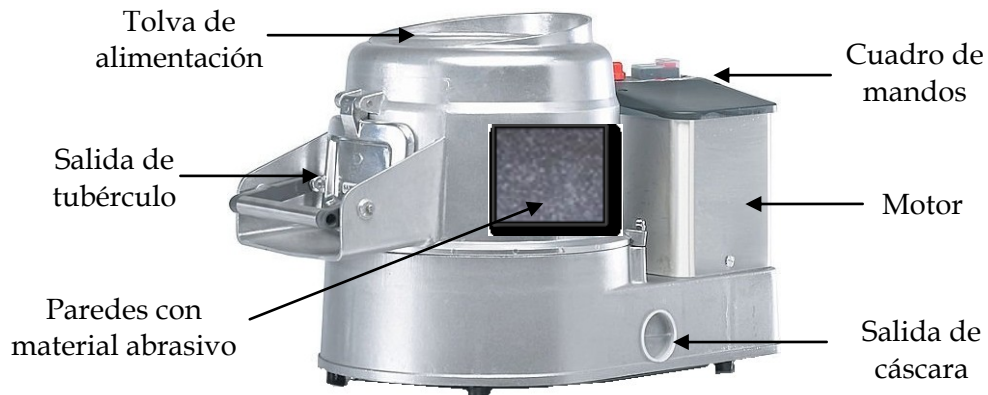
Es una máquina sencilla y compacta, el rango de capacidad oscila entre 100–400 Kg/h. La forma del rotor es plana o con una superficie ligeramente ondulada para que se produzca un movimiento continuo del tubérculo. El estator tiene forma cilíndrica y está construido generalmente en acero inoxidable o aluminio, las paredes del estator tienen grano abrasivo. La mayoría de éstas máquinas poseen un sistema de riego para obtener un producto limpio al finalizar todo el proceso.

La alimentación de la papa se realiza por medio de una tolva ubicada en la parte superior de la máquina, los residuos de la papa salen por una abertura en la parte inferior y tienen dispuesta una puerta para la recepción del tubérculo cuando ya se haya terminado el proceso de pelado (Figura 7). Este tipo de máquinas poseen en algunos casos, cuadro de mandos para la activación (encendido-apagado) y tiempo requerido en el pelado de la papa (Temporizador) según la cantidad de material dispuesto a pelar.

Todos los elementos de la máquina que están en contacto directo con la materia prima se elaboran con materiales no oxidables. En la mayoría de los

casos se emplea acero inoxidable o fundiciones de aluminio para proteger al tubérculo de alteraciones en sus características propias como sabor o valor nutritivo.

Figura 7. Máquina peladora de papa de eje vertical.



Fuente: Catalogo Citalsa. Peladora PP-6





2.1.1 Funcionamiento: El rotor genera una fuerza centrífuga la cual hace que el tubérculo sea sometido a un deslizamiento con fricción a través del disco, donde debido a las características ásperas del grano se remueve la cáscara de la superficie. Producto del riego continuo, la papa sale lavada y pelada; los dos productos alcanzados del proceso tienen salidas independientes.

2.1.2 Ventajas: El rotor se desmonta fácilmente, por lo que la acumulación de materia prima en los discos y paredes a causa de la fricción es de fácil acceso para su limpieza. De igual manera, es una máquina práctica con respecto al transporte y manejo, es compacta y relativamente silenciosa.

A continuación se comparan en la tabla 3 algunas de las características que describen algunos prototipos de máquinas de fabricación nacional y

extranjera, evidenciándose varios factores dentro de su manufactura como común denominador.

Tabla 3. Alternativas locales e internacionales de peladoras por abrasión.

Máquina Característica	Industrial Taylor <i>PP4ECO</i>	Joserrago <i>PP</i>	Electrolux <i>Ti25</i>	CI Talsa <i>PP6</i>
Motor eléctrico	✓	✓	✓	✓
Abrasivo lateral	☒	✓	✓	✓
Abrasivo Plato	✓	✓	✓	✓
Cuadro de mandos	☒	☒	✓	✓
Paredes de la carcasa en acero inoxidable	✓	✓	✓	☒
Puerta de descarga	✓	✓	✓	✓
Alimentación de la papa en la parte superior	✓	✓	✓	✓
Reductor de velocidad	✓	✓	✓	✓
Alimentación con agua	✓	✓	✓	✓
Transmisión por poleas	✓	✓	✓	✓
Aspecto de la máquina				

2.2 PELADORA DE PAPA DE EJE LONGITUDINAL

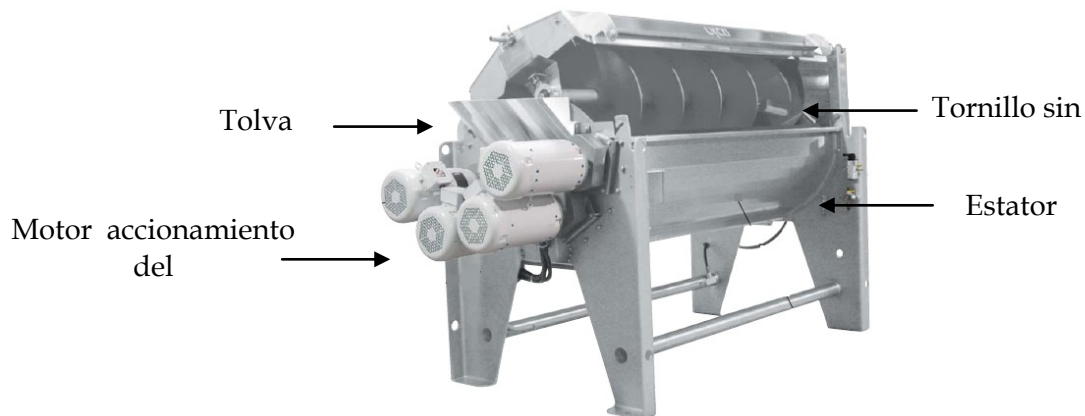
Las máquinas con eje de configuración longitudinal, generalmente son empleadas para volúmenes a gran escala en la industria alimenticia, pues

son máquinas robustas de alta capacidad con rangos que alcanzan hasta 38000 kg/h, y pueden trabajar en seco. Además pueden pelar gran variedad de alimentos como:

- Remolachas.
- Zanahorias.
- Cebollas.

En la máquina los motores están acoplados directamente con los rodillos abrasivos muy precisos de alta velocidad, funcionan a 900-1200 RPM para dar un pelado/cepillado muy eficaz; el estator tiene forma cilíndrica o parabólica, son de construcción sólida de un solo cuerpo. En la Figura 8 se puede apreciar la configuración de la máquina.

Figura 8. Máquina peladora de papa de eje longitudinal



Fuente: Catalogo Lyco manufacturing, Inc. BULL JR. Peeler/Washers.

2.2.1 Funcionamiento: En este tipo de máquina la alimentación se provee a través de una tolva receptora, los rodillos cubiertos de abrasivo permanecen en movimiento, producto del accionamiento directo con los

motores. El pelado es causado por giros continuos de un rotor (tornillo sin fin) el cual obliga a la materia prima a desplazarse y ocasionar un desprendimiento de la cáscara por la fricción generada con los rodillos.

2.2.2 Ventajas: En esta máquina el sencillo sistema de accionamiento y la menor cantidad de piezas de reemplazo le dan más confiabilidad. Tiene la capacidad de pelar distintos tipos de materia prima y en abundantes cantidades, lo cual la hace más funcional en grandes industrias.

De igual manera, a pesar de sus beneficios también hay una gran desventaja, se destaca lo complejo del circuito eléctrico o hidráulico en cuanto a mantenimiento, además puede presentarse pelado incompleto por la rapidez del proceso.

Después de conocer y comparar los modelos y sistemas que componen los peladores de papa existentes, se pretende diseñar un prototipo sencillo, compacto y económico, que asegure un producto de calidad garantizado un buen rendimiento en poco tiempo, el cual se desarrolla a continuación.

3. DISEÑO DE LA MÁQUINA PROPUESTA

En este capítulo el propósito es realizar una caracterización de la máquina, puntualizando los parámetros que se tienen en cuenta, en cuanto a manufactura y funcionalidad, los cuales son necesarios para su fabricación, igualmente, se pretende fijar las variables que intervienen en el pelado de la papa y sus valores.

Desde el diseño se piensa llevar a cabo una máquina compacta, de fácil operación, con una capacidad justa para los volúmenes de trabajo de la mediana empresa, con el mínimo mantenimiento y económica con el fin de disminuir costos de adquisición y asegurar un producto de calidad.

Para el diseño y selección de las diferentes piezas que conforman la máquina, se realizó el estudio de alternativas por medio del despliegue de la función de calidad (QFD⁸).

3.1 DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD (QFD)

3.1.1 Voz del cliente. Para el desarrollo del producto, se tienen en cuenta algunos requerimientos por parte del solicitante.

- Economía.
- Fácil operación.
- Baja vibración.

⁸ El QFD es un sistema que busca focalizar el diseño de los productos y servicios en dar respuesta a las necesidades de los clientes. Esto significa alinear lo que el cliente requiere con lo que la organización produce.

- Evitar pérdida de materia prima.
- Fácil mantenimiento.
- Capacidad según la demanda.
- Durable.
- Sencilla.
- Buen aspecto.
- Segura.

3.1.2 Organización requerimientos del cliente. A continuación se realiza una asociación de los requerimientos en subgrupos según el criterio de evaluación.

- Proceso: Capacidad
Fácil de operar
Versátil
Rapidez
- Vida Útil: Económico
Fácil limpieza
Sin ruidos
Factibilidad de repuestos
- Seguridad: Protección del operario
Medio ambiente

Estos requisitos se introducen en las celdas verticales en la matriz de calidad y son las necesidades del cliente. A estos se les ha asignado un valor que estima su importancia. En la posición horizontal se asigna los requisitos de diseño del proyecto, establecidos antes a través del método de lluvia de ideas (brainstorming) (Ver Tabla 4). La correspondencia se efectúa basada en los siguientes valores: 9 (relación fuerte), 3 (relación media) y 1 (relación débil).

Luego de ubicados los valores en cada recuadro, se procede a realizar la sumatoria de cada una de las columnas con el fin de identificar los de mayor valor en la matriz de calidad, estos constituyen los indicadores más fuertes que más adelante se ponderarán y que deberán influir en la proposición de las alternativas.

Tabla 4. Matriz de calidad

			Mecanismo sencillo	Económica	Compacta	Capacidad	Pocas vibraciones	Versátil	Materiales	Piezas normalizadas	Ergonomía	Seguridad
Importancia			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Proceso	Fácil de operar	8	1	3	3	1	1	3	1	1	9	1
	Rapidez	8	9	3		3	9			1		1
	Capacidad	12	3	9	3	9	3	3	1	1	3	1
	Versatilidad	10	9	3	9	3	1	9	1	1	1	1
Vida Útil	Fácil limpieza	8	9	3	3			1	9	3	3	3
	Económico	20	9	9	9	3		9	1	3	3	1
	Repuestos fáciles de conseguir	10	3	3	3	1	1	1	9	9		
	Sin ruidos	8	3	3	3	1	3	9	1	1	1	1
Seguridad	Operario	9	3	3	1	1		3	1			9
	Medio ambiente	7	3	3	1	1	1	1	1			9
Totales			560	492	424	264	167	454	236	220	210	234

Con la matriz de calidad llena se seleccionan los requisitos más dominantes del proyecto con base en la puntuación, estos requisitos serán la base para la selección final de la alternativa. A continuación, se muestran los requisitos

en porcentaje, prevaleciendo los 4 requisitos que resultaron con mayor puntuación, para este cálculo se toma el valor del requisito y se divide en la sumatoria total de todas las columnas (ver Tabla 5).

Tabla 5. Selección de requisitos

	Mecanismo sencillo	Económica	Compacta	Capacidad	Pocas vibraciones	Versátil	Materiales	Piezas normalizadas	Ergonomía	Seguridad	Σ Requisitos
Total	560	492	424	264	167	454	236	220	210	234	3261
%	17,2	15,1	13,0	8,1	5,1	13,9	7,2	6,7	6,4	7,2	100

Los requisitos más predominantes son:

- Mecanismo sencillo
- Económica
- Compacta
- Versátil

3.2 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

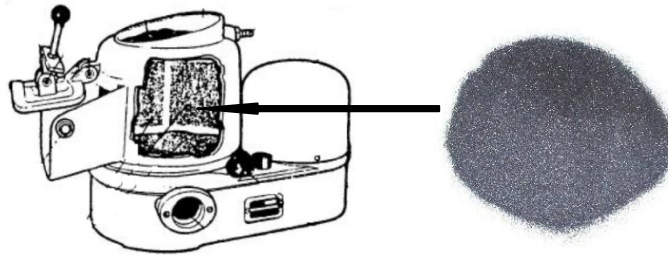
Las alternativas que se presentan a continuación son consecuencia de un estudio basado en el mercado de máquinas empleadas en la industria alimenticia, parte de su funcionamiento fue explicado en el capítulo 2.

Las propuestas radican según el tipo de método de abrasivo empleado y de la disposición de la máquina.

3.2.1 Máquina de eje vertical. Proceso de pelado por abrasivo (*Carborundo*): Consta de un cilindro y un rotor que en su superficie interna

tiene grano carborundo, el cual por rozamiento remueve la corteza de la papa.

Figura 9. Peladora de papa típica. Grano aplicado en su superficie.

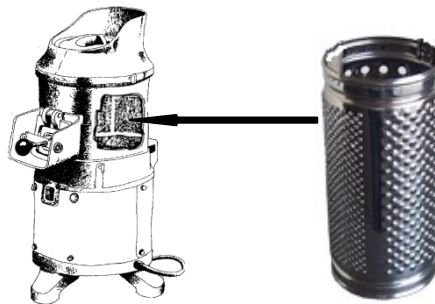


Fuente. Tecnologías aplicadas al ciclo alimentario. Procesamiento de tubérculos Pág.26

3.2.2 Máquina de eje vertical. Proceso de pelado por lata perforada.

Consta de un cilindro externo que hace de estator, el cual tiene dentro de él un cilindro de menor diámetro en acero inoxidable con perforaciones continuas cada 4 milímetros las cuales son causantes del desgarre de la cáscara.

Figura 10. Peladora y cilindro interno con perforaciones.



Fuente. Tecnologías aplicadas al ciclo alimentario. Procesamiento de tubérculos

3.2.3 Máquina de eje longitudinal. Proceso de pelado por fricción con rodillos.

Consta de un estator dispuesto de manera horizontal, tiene 4 motores que impulsan 8 rodillos los cuales tienen en su superficie material abrasivo. Tiene dispuesto un tornillo sin fin para producir el movimiento continuo de las papas.

Figura 11. Máquinas peladora de papa de eje longitudinal



Fuente. Catalogo Lyco Manufacturing. Peladora, Lavadora y Cepilladora

3.3 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Con base en el análisis realizado en la matriz QFD y las propuestas de alternativa descritas anteriormente se escogió la alternativa 1 (Máquina de eje vertical. Proceso de pelado por abrasivo Carborundo) ya que obtuvo la ponderación más alta en cada criterio valorado y obedece las condiciones preestablecidas (ver Tabla 6).

Tabla 6. Evaluación de alternativas.

			Alternativa 1 Carborundo		Alternativa 2 Perforación.		Alternativa 3 Rodillos.	
Criterio valoración	Parámetro	Ponderación individual	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación
mecanismo sencillo		Fácil operación	5	0,15	5	0,15	5	0,15
	0,3	Versatilidad	4	0,12	4	0,12	3	0,09
		Fácil limpieza	4	0,10	2	0,06	3	0,09
Economía	0,25	Capacidad	5	0,125	5	0,125	4	0,1
		Repuestos	5	0,188	3	0,1125	2	0,075
Compacta	0,25	Versatilidad	5	0,125	5	0,125	3	0,75
		Fácil operación	5	0,15	5	0,1875	5	0,1875
Versátil	0,2	Capacidad	5	0,10	5	0,1	4	0,08
		Fácil operación	4	0,08	4	0,08	5	0,1
		TOTAL	1,195		1,06		0,9475	

3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA.

La máquina peladora de papa propuesta, gracias al diseño de su disco giratorio, y a la película abrasiva interna, logra una distribución uniforme de las papas, permitiendo la acción de remoción de la cáscara sobre toda el área de éstas, siguiendo su irregularidad, sin reducir sus dimensiones, además posee una manguera con irrigación continua. Los desperdicios se van evacuando de forma constante, obteniéndose un producto limpio y listo para su respectivo procesamiento.

Las principales características y componentes de la máquina son:

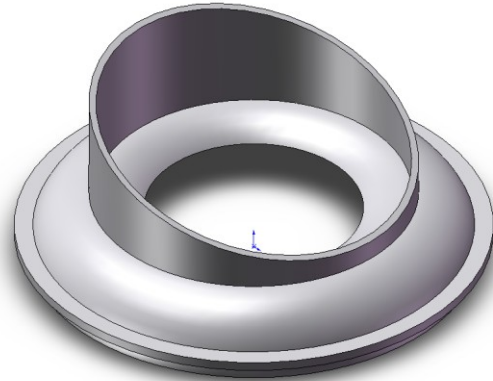
3.4.1 Tipo de material a emplear. Por exigencias de entidades sanitarias se hace uso de materiales no oxidables. El material empleado es acero inoxidable AISI 304, el cual es un acero inoxidable austenítico para todo propósito, además tiene buena resistencia a la corrosión y es soldable. El tipo 304 es el acero inoxidable más utilizado, se usa en los equipos de procesamiento de alimentos, y en los intercambiadores de calor, entre muchos otros usos.

Para otras piezas se emplea aleaciones de aluminio ya que puede ser fundido y posee buena maquinabilidad.

3.4.2 Tolva: La tolva de alimentación tiene forma de dona, su ubicación está en la parte superior del estator, se fija al borde interno de este por medio de un escalón, mediante un ajuste entre estos. La función de la tolva es permitir el acceso al tubérculo, al mismo tiempo dejar pasar agua por medio de un ducto que tiene insertado para permitir un mejor pelado y lavado.

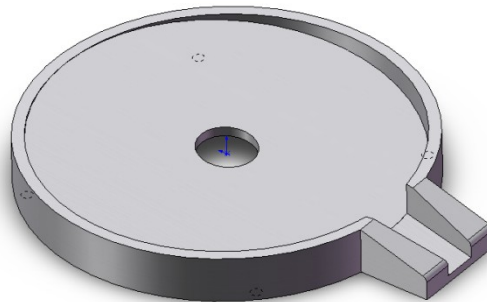
Esta construida en fundición de aluminio.

Figura 12. Tolva de alimentación.



3.4.3 Base: Es la pieza encargada de recibir todo el material producto de la abrasión (cáscara y agua), los cuales salen por medio de un ducto o canal. Esta pieza sirve de soporte para el estator (Figura 15), está elaborada de fundición de aluminio.

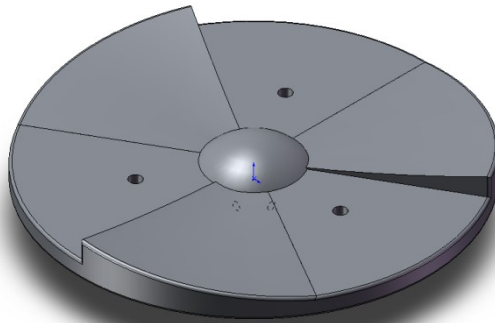
Figura 13. Base del estator.



3.4.4 Rotor: El rotor es un plato con unas inclinaciones que están dispuestas cada 120° las cuales producen que la papa tenga un movimiento continuo y desordenado. El rotor tiene en su superficie material abrasivo (Grano Carborundo tamaño 36) el cual remueve la cáscara de la papa. El rotor es accionado por un eje ubicado en la parte inferior de este.

Esta construido en fundición de aluminio.

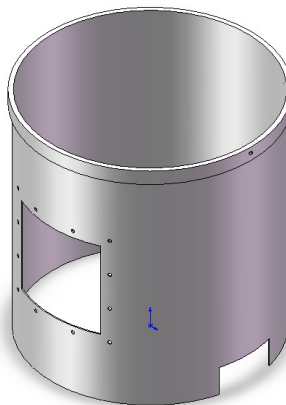
Figura 14. Rotor de la máquina.



3.4.5 Estator: El estator es un cilindro el cual tiene adherido a su superficie interna el material abrasivo (Grano Carborundo tamaño 36). El montaje se efectúa ubicando el cilindro encima de la base del estator por medio de un ajuste por diámetros, incrustando la base dentro del diámetro interno del cilindro. La función principal es ayudar al rotor a remover la cáscara producto del continuo rozamiento con las paredes. Tiene dos aberturas por donde sale la cáscara y la papa las cuales son independientes.

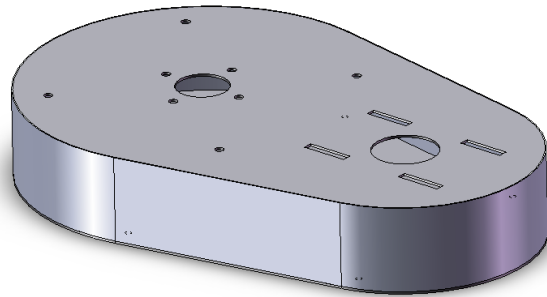
Se fabrica en lámina de acero inoxidable AISI 304, calibre 16.

Figura 15. Estator.



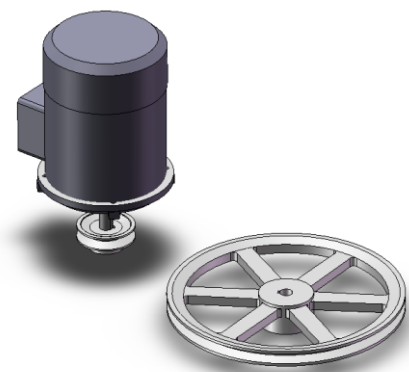
3.4.6 Soporte: El soporte es el apoyo de todas las piezas descritas arriba, está compuesta de tres elementos; dos láminas de acero en las cuales van acoplados los componentes de la máquina y otra lateral que cumple la función de unión. Las láminas son de acero calibre 10 y lámina lateral es de acero inoxidable calibre 20.

Figura 16. Soporte.



3.4.7 Medio Transmisión de potencia: La potencia es suministrada por un motor eléctrico mediante una transmisión de correas trapezoidales al eje-rotor. Se emplea un mecanismo flexible porque proporcionan una marcha silenciosa, requieren mínimo mantenimiento, absorbe eventuales choques, y son un medio de transmisión económico.

Figura 17. Medio de transmisión de potencia.



3.4.8 Estructura para el soporte: Sirve de cimiento a todos los componentes de la peladora. Está construido con tubos de acero estructural

doblados y soldados los cuales van unidos conjuntamente con unas láminas de acero. En la parte trasera van dos ruedas las cuales sirven para transportar la máquina.

Figura 18. Estructura para el soporte de la máquina.



3.5 CAPACIDAD DE LA MÁQUINA

La capacidad de la máquina está determinada por:

- Velocidad de pelado.
- Grano abrasivo.
- Estator.

Para establecer el impacto de las anteriores variables sobre el funcionamiento de la máquina, se hace una serie de análisis, comparaciones y/o experimentos para su evaluación.

3.5.1 Velocidad de pelado. La relación de velocidad afecta directamente la calidad del pelado del tubérculo; a velocidades altas la papa sufre graves deterioros en su superficie, por el contrario a velocidades bajas se el tiempo

de pelado es mayor y eso representa consumo de energía innecesario para la misma potencia del motor. Para la determinación de la velocidad del rotor se hace necesario un análisis dinámico, además de tener en cuenta los parámetros de diseño.

Para el análisis de velocidad de pelado se tiene en cuenta:

I. Relación permisible de velocidad en las poleas.

Se emplean razones de transmisión cinemática de hasta 4 y 5, aunque pudiera llegarse incluso hasta 10 o 15. No se recomiendan relaciones de transmisión muy elevadas porque las dimensiones exteriores aumentan considerablemente y disminuye el ángulo de contacto en la polea menor en ausencia de rodillos tensores.

II. Elevación y geometría del rotor

Con la geometría del disco y la relación de velocidades se obtiene la altura mínima de abrasivo en el estator para asegurar que la papa no va a estar en superficies donde no haya dicho material. Se hace un modelo matemático del movimiento relativo entre la papa y el disco (Ver Figura 19) teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

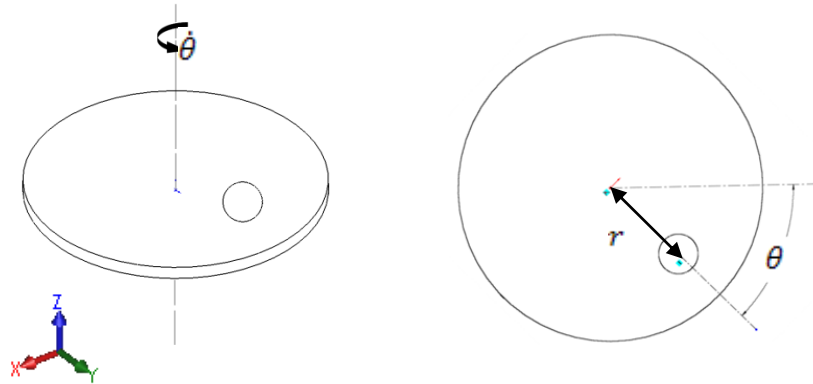
- Se analiza con referencia a cinética de la partícula.
- Se modela con base en un movimiento en dos dimensiones.
- Se emplea una masa de 250 gramos⁹.
- Velocidad rotacional es constante, $\dot{\theta} = K \left[\frac{rad}{s} \right]$.

El análisis se divide en tres movimientos independientes.

⁹ La papa Diacol Capiro el peso oscila entre los 250 y 450 gramos.

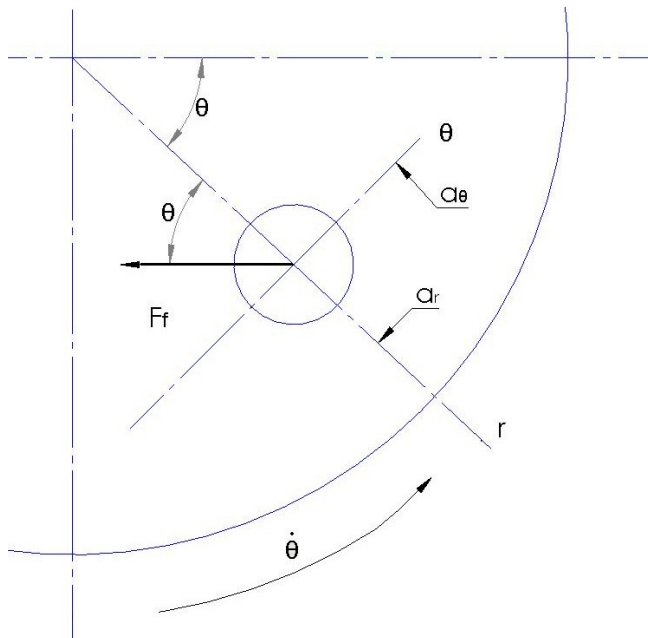
El Movimiento I, es un movimiento plano de la papa en el rotor (Ver Figura 19), el objetivo es ver la trayectoria que describe su comportamiento.

Figura 19. Modelo.



DCL: Para el diagrama de cuerpo libre se tiene en cuenta un sistema de coordenadas polares ya que la posición de la papa se especifica utilizando una distancia radial y un desplazamiento angular respecto de una recta fija.

Figura 20. Fuerza de fricción. Plano X-Y



Teniendo en cuenta la Figura 20. Se hacen los siguientes análisis.

a. Cinemática: Se tiene en cuenta las siguientes ecuaciones¹⁰ basado en el sistema descrito.

$$a_r = \ddot{r} - r * \dot{\theta}^2$$

$$a_\theta = r * \ddot{\theta} + 2 * \dot{r} * \dot{\theta} = 2 * \dot{r} * \dot{\theta}$$

Donde:

a_r = *Aceleración radial.*

a_θ = *Aceleración transversal.*

\ddot{r} = *Aceleración.*

r = *Posición.*

$\dot{\theta}$ = *Velocidad angular.*

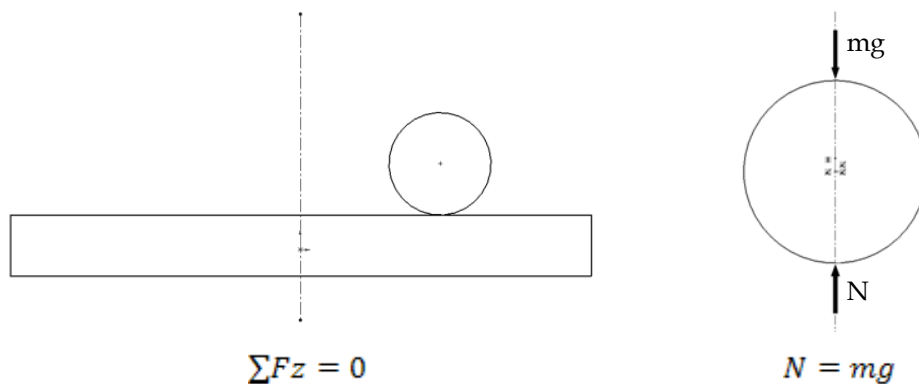
g = *Gravedad.*

m = *Masa.*

$\ddot{\theta}$ = *Aceleración angular.*

b. Ecuaciones del movimiento plano: Solo actúa el peso.

Figura 21. Fuerza Normal Plano Z-Y



¹⁰ Ingeniería Mecánica. Dinámica de William F. Riley. Pág. 166

c. Ecuaciones del movimiento: consiste en identificar las fuerzas externas que actúan en el tubérculo en movimiento, haciendo sumatoria de fuerzas según el eje en el que actúe.

-Fuerza Radial:

$$\sum F_r = m * a_r \quad \ddot{r} - r * \dot{\theta}^2 + \mu * g \cos \theta = 0 \quad 1)$$

-Fuerza transversal

$$\sum F_{\theta} = m * a_{\theta} \quad 2 * \dot{r} * \dot{\theta} + \mu * g * \sin \theta = 0$$

Para dar solución a la ecuación diferencial 1) se integra la velocidad

$$\text{angular. } \int_0^{\theta} \dot{\theta} = \int_0^t k * dt \quad \theta = K * t$$

La solución de la ecuación diferencial¹¹ 1) está dado por:

$$r = c1 * e^{-kt} + c2 * e^{kt} + \frac{\mu * g \cos \theta}{\dot{\theta}^2}$$

Se asume que parte del reposo entonces para:

$$t = 0 ; r = 0 ; \dot{r} = 0$$

El valor de las constantes es: $c1 = \frac{-g}{4 * \theta^2}$ y $c2 = \frac{g}{4 * \theta^2}$, para obtener:

$$r = \frac{g}{2 * \dot{\theta}^2} \left\{ \frac{-e^{-kt} + e^{kt}}{2} + \mu * \cos \theta \right\} \quad \text{o} \quad r = \frac{g}{2 * \dot{\theta}^2} \{ \sinh \theta + \mu * \cos \theta \} \quad 2)$$

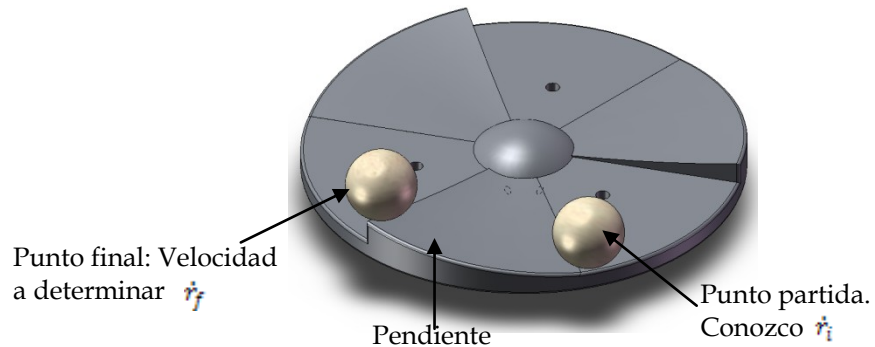
$$\text{derivando:} \quad \dot{r}_i = \frac{g}{2 * \dot{\theta}} \{ \sinh \theta - \mu * \sin \theta \} \quad 3)$$

Movimiento II. Se analiza la velocidad que tiene la papa en la parte externa debido a que en ese punto hay mayor velocidad, y el tubérculo va a tomar

¹¹ Ecuaciones diferenciales. Dennis G. Zill. Editorial Thomson. Pág. 6

una pendiente (Ver Figura 22), el objetivo de este análisis es determinar la velocidad (\dot{r}_f) en la parte más elevada del rotor. Para ello se hace el siguiente análisis.

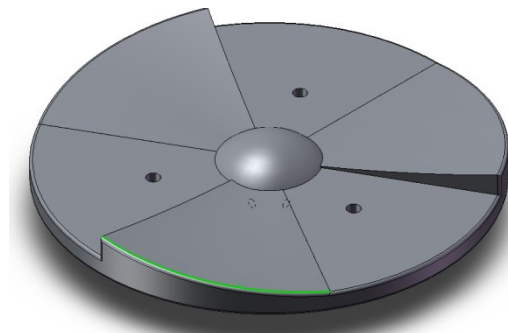
Figura 22. Pendiente tomada por el tubérculo.



d. Análisis cinético.

Para este análisis se recurre al método de trabajo y energía¹². Se requiere determinar las fuerzas no conservativas (producto de la fricción) en el balance energético, para ello obtenemos de *Solidworks*® la longitud de arco (Figura 23) que multiplicamos por la fricción.

Figura 23. Longitud de arco del rotor.



Longitud de arco: 160.77mm | Completamente definida | Editando Ensamblaje | ?

¹² Ingeniería Mecánica. Dinámica de William F. Riley. Pág. 282

El balance energético es:

$$T_i + V_i - \int_i^f F_f * dr = T_f + V_f$$

Donde:

$T = \text{Energía cinética.}$

$V = \text{Energía potencial.}$

$F_f = \text{Fuerza de fricción } (\mu \times mg).$

$h = \text{Altura}$

$i = \text{inicial} \quad f = \text{final}$

$\mu = \text{Coeficiente de rozamiento}$

$$\frac{1}{2} m * \dot{r}_i^2 + m * g * h_i - * mg * (\rho * \theta_i) = \frac{1}{2} m * \dot{r}_f^2 + m * g * h_f$$

$$\dot{r}_f = \sqrt{2 * \left\{ \frac{1}{2} * \dot{r}_i^2 + g * h_i - \mu * g * l_a - g * h_f \right\}} \quad 4)$$

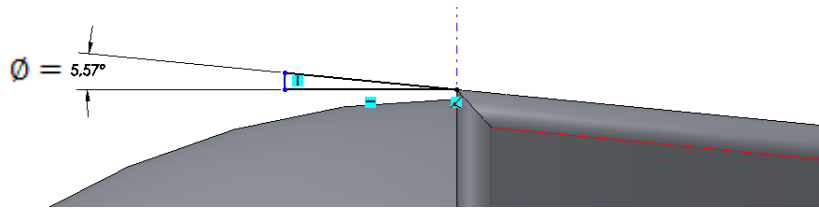
Movimiento III. Se estudia la altura máxima a la cual puede llegar el tubérculo, se halla con base en la velocidad del análisis anterior (\dot{r}_f), y el tipo de movimiento que describe el comportamiento del tubérculo en ese punto es un movimiento parabólico.

Se halla la altura máxima ($y_{m\acute{a}x}$) según la ecuación 5).

$$y_{m\acute{a}x} = \frac{\dot{r}_f^2 * \sin \emptyset^2}{2g} \quad 5)$$

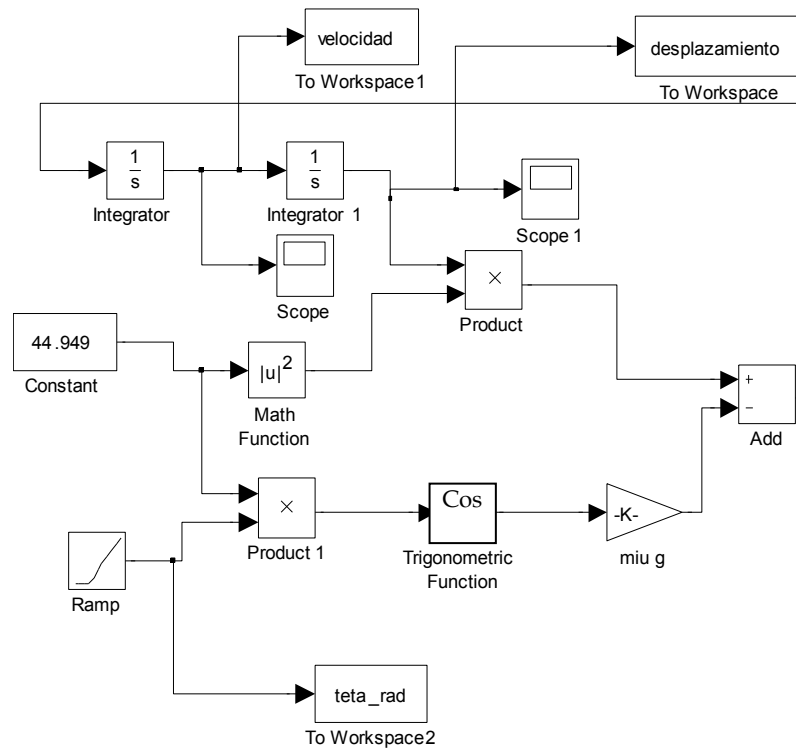
El ángulo \emptyset es constante y se obtiene según la Figura 24.

Figura 24. Ángulo de salida del tubérculo.



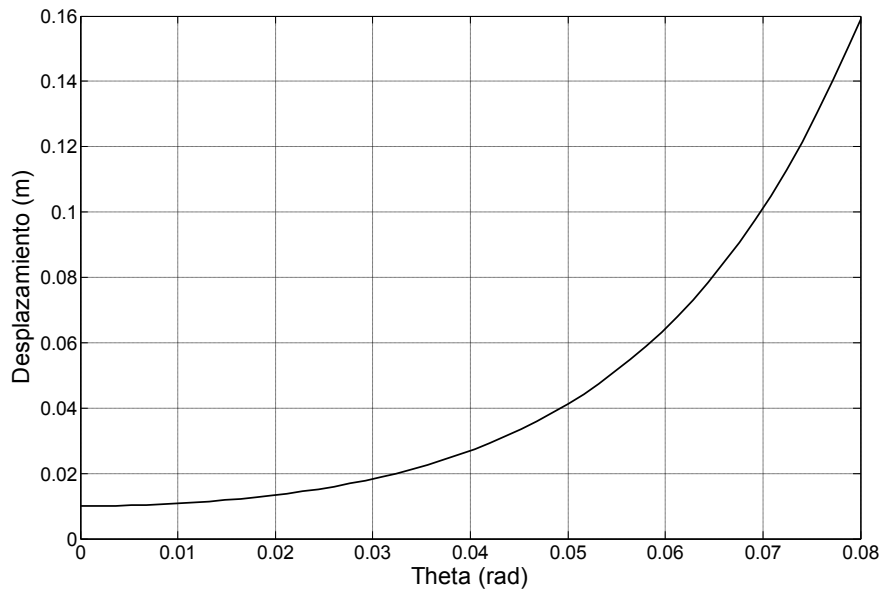
Con ayuda de *Simulink*® se desarrolla la ecuación diferencial y se determina los parámetros de las ecuaciones 2), 3), 4) y 5). En la Figura 25 se muestra el entorno empleado en *Simulink*®.

Figura 25. Entorno *Simulink*®.



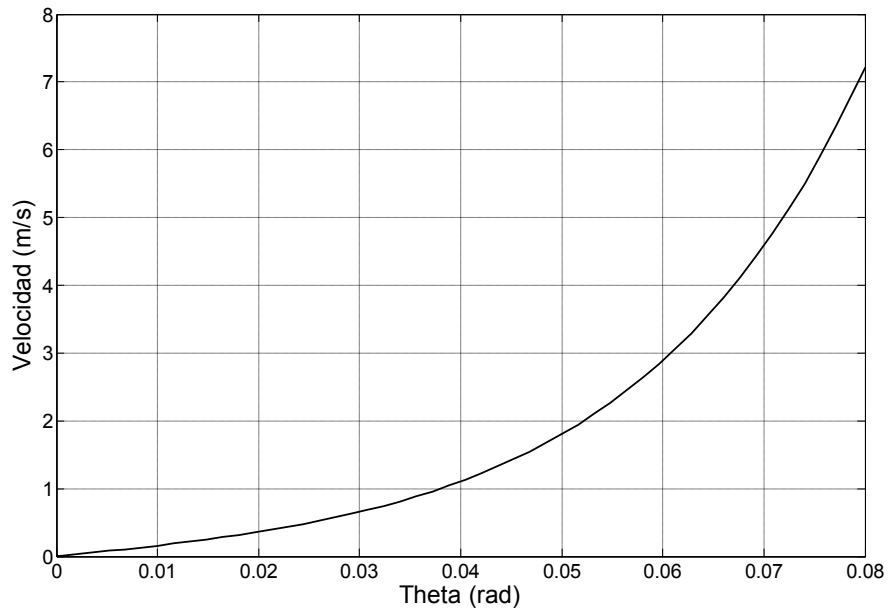
Con parámetros de diseño y el desarrollo hecho por *Simulink*® se obtuvo el desarrollo de las ecuaciones 1, 2 y 3 obteniéndose las graficas de desplazamiento y velocidad en función del ángulo.

Figura 26. Gráfica de desplazamiento



De la Figura 26 se obtiene el valor del ángulo cuando el radio es equivalente a 0.155 m (periferia del rotor). El valor obtenido es 0.078 (rad), con este valor se obtiene la velocidad en ese punto según la Figura 27 que es 7 m/s.

Figura 27. Gráfica de velocidad.



Con estos parametros ya se puede analizar las ecuaciones 4 y 5 la cual se da en resumen en la Tabla 7.

Tabla 7. Resolución de parámetros

Valores geométricos y de diseño constantes

$g \left[\frac{m}{s^2} \right]$	h_i	h_f	μ	$\dot{\theta} \left[\frac{rad}{s} \right]$	$r [m]$	$\phi [rad]$	l_a
9.806	0	0.0156	0.5	44.95	0.155	0.0972	.1607

Valores a medir

<i>Ec. 2</i>	<i>Ec. 3</i>	<i>Ec. 4</i>	<i>Ec. 5</i>
$\theta [rad]$	$\dot{r}_i \left[\frac{m}{s} \right]$	$\dot{r}_f \left[\frac{m}{s} \right]$	$y_{max} [m]$
4.851	7.03	6.895	0.0228

Según los datos obtenidos en la Tabla 7 a la velocidad de diseño no se ve afectada considerablemente la elevación de la papa; pero la disposición del rotor se hace necesaria para que se produzca un movimiento continuo y evitar que unas pocas papas sufran el desgaste. A continuación se estudia el siguiente parámetro.

3.5.2 Grano abrasivo: El grano abrasivo utilizado es el de carburo de silicio; es un grano duro (su dureza es de aproximadamente 9 en la escala de Mohs¹³) obtenido de arenas o cuarzo de alta pureza y coque de petróleo fusionados en horno eléctrico a más de 2000 °C. El abrasivo actúa sobre la papa con diferentes clases de esfuerzo mecánico, produciendo un desgaste en su superficie. El desgaste está limitado por el tiempo de exposición de la

¹³ Escala utilizada para determinar la dureza de los minerales, clasificándolos del 1 al 10 siendo 1 el más débil y 10 el más fuerte.

papa con el abrasivo el cual debe ser a lo sumo de 3 minutos¹⁴ para evitar un desgaste excesivo del producto. Este material no es soluble en agua y no tiene ningún grado de peligrosidad ni de toxicidad para la salud humana, por lo cual se considera seguro para el proceso de pelado de papa.

El grano abrasivo tiene clasificación según las características de trabajo para el cual va a ser empleado. El tamaño de grano debe brindar una buena velocidad de eliminación de material además de suministrar un acabado favorable. El grano que se emplea es calibre 36, el cual arroja muy buenos resultados en pruebas dando un buen acabado y velocidad de pelado en el proceso.

3.5.3 Estator: El tamaño del estator se determina con ayuda de *Solidworks*® y de aproximaciones empíricas debido lo difícil a que es dar un tamaño estándar a la papa y simularlo. Con base en esto se obtiene un tamaño el cual da una aproximación de la capacidad de papas que se pueden procesar en 3 minutos. Como resultado de este análisis se define la altura del estator, la cual indica que se pueden ingresar como máximo 11 kilogramos para conseguir un buen pelado.

3.6 POTENCIA DEL MOTOR.

La potencia requerida necesaria para impulsar la máquina es pequeña, si se tiene en cuenta que se debe procesar 3 kg/min (0.05 kg/s); masa a la que es transmitida la energía esencial para que ocurra el pelado de la corteza del tubérculo.

¹⁴ Depende el tamaño del tubérculo a pelar.

La potencia se determina para el arranque ya que es el punto donde hay mayor inercia en el sistema, se asume la capacidad torsional como un embrague¹⁵. Con la Ec. 1) y Ec. 2) determinamos la potencia necesaria para el funcionamiento.

$$T = I * \alpha = \frac{I_{ef} * \Delta N}{\Delta t} * k \quad 1) \qquad Pot = \frac{T * N}{9.55} \quad 2)$$

Los parámetros que intervienen son:

T = Par torsional necesario para acelerar el sistema.

Δt = Tiempo necesario para efectuar el cambio de velocidad

I_{ef} = Inercia efectiva de las piezas en rotación.

I = Inercia del sistema (Tomado de la simulación de *solidworks*®)

ΔN = Cambio en la velocidad. $N = 1750 \text{ rpm} = 183.3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

k = Factor de servicio basado en la aplicación

Figura 28. Inercia del sistema

El centro de masa y los momentos de inercia son los resultados en el sistema de coordenadas de ENSAMBLE FINAL
Masa = 11,75 kilogramos

Centro de masa: (metros)

X = -0,00
Y = 0,19
Z = 0,00

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos * metros²)
Medido desde el centro de masa.

$I_x = (-0,07, 1,00, -0,05)$ $P_x = 0,18$
 $I_y = (0,66, 0,09, 0,75)$ $P_y = 0,21$
 $I_z = (0,75, 0,02, -0,66)$ $P_z = 0,22$

Momentos de inercia: (kilogramos * metros²)

(Medido desde el centro de masa y alineado con el sistema de coordenadas resultante)

$L_{xx} = 0,22$	$L_{xy} = -0,00$	$L_{xz} = 0,00$
$L_{yx} = -0,00$	$L_{yy} = 0,18$	$L_{yz} = -0,00$
$L_{zx} = 0,00$	$L_{zy} = -0,00$	$L_{zz} = 0,21$



¹⁵ Diseño de elementos de máquinas. Robert L. Mott. Capítulo 22. Pág.840

Se halla la inercia efectiva ya que el motor no está acoplado directamente con el eje, $\dot{\theta}$ es la velocidad angular a la que se mueve el eje (papa) y $\dot{\theta}_m$ velocidad angular del motor.

$$I_{ef} = I * \frac{\dot{\theta}}{\dot{\theta}_m} = 0.22 * \frac{429}{1750} = 0.0539 [Kg - m^2]$$

Entonces:

$$T = \frac{I_{ef} * \Delta N}{g * \Delta t} * k = \frac{0.0539 [Kg - m^2] * 183.3 \frac{rad}{s}}{9.81 \frac{m}{s^2} * 2 s} * k$$

$$T = 0.5037 * k [N - m]$$

Como es un sistema de carga variable y requiere un alto par en el arranque se puede necesitar un valor de k de 3 o 4 para que soporte sobrecargas en el sistema.

$$T = 0.5037 * 3 = 1.511 [N - m]$$

Con el torque que requiere la máquina se halla la potencia necesaria para funcionar el sistema.

$$Pot = \frac{T * N}{9.55} = \frac{1.511 * 1750}{9.55}$$

$$Pot = 276.9 [W]$$

Se normaliza el valor a una potencia comercial

$$Pot = 372.85 [W]$$

4. CÁLCULOS-CAE

Los cálculos que se presentan a continuación sirven para precisar dimensiones, esfuerzos, y analizar los elementos de máquina, teniendo en cuenta la sencillez de la manufactura.

4.1 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

La potencia es suministrada por medio de correas trapezoidales. La escogencia de este tipo de transmisión se basa en: mínimo mantenimiento, marcha silenciosa bajo condiciones de funcionamiento, absorbe eventuales choques y son un medio de transmisión económico.

La selección se basa en el módulo de transmisiones flexibles¹⁶ de la conferencia de Leonidas Vásquez. La selección se da con los siguientes datos de entrada:

- Motor AC-Monofásico con condensador.
- Transmisión de aceleración rápida - Choque Medio.
- Velocidad de entrada: $N_i = 1750 \text{ rpm}$.
- Velocidad de salida: $N_s = 429 \text{ rpm}$
- Potencia motor: $0.5 \text{ hp} = 372.85 \text{ W}$

Abreviaturas empleadas en la determinación de cálculos:

$F_s = \text{Factor de servicio}$

$i = \text{Relacion de velocidades}$

$C = \text{Distancia entre centros.}$

¹⁶ Diseño de máquinas I. Modulo de Transmisión de potencia. Universidad Industrial de Santander. Pág. 48

$L_p =$ Longitud original de la correa.

$D_p =$ Diámetro primitivo polea mayor

$d_p =$ Diámetro primitivo polea menor

$P_p =$ Potencia de proyecto

$P_{in} =$ Potencia de entrada

$f\{\}$ = en función de

4.1.1 Determinación potencia de proyecto (P_p): Se determina el factor de servicio con base en exigencia de funcionamiento, se halla la potencia de proyecto.

$$F_s = 1.3$$

$$P_p = P_{in} * F_s$$

$$P_p = 372.85 [W] * 1.3 = 484.7 [W]$$

4.1.2 Perfil de la correa: Con la potencia de proyecto de 0.65 hp y la velocidad de entrada (1750 rpm), se obtiene el perfil de la correa el perfil de correa A¹⁷. Diámetro mínimo de polea: $d_p = 6.6 \text{ cm}$

4.1.3 Distancia entre centros: Se determina mediante una aproximación y se verifica con correas normalizada.

- Relación de velocidades:
$$i = \frac{1750}{429} \cong 4$$

- Diámetro mayor:
$$D_p = i * d_p = 4 * 6.6 \text{ cm} = 26.4 \text{ cm}$$

- Diámetro normalizado de la polea mayor:
$$D_p = 26.92 \text{ cm}$$

- Aproximación distancia entre centros:

$$1.5 * d_p < C < 2 (D_p + d_p) \quad 10 < C < 67.04$$

Se toma
$$C = 26.4 \text{ cm}$$

Longitud de la correa: Determinada por la siguiente ecuación.

¹⁷ Banda en V industrial para trabajo pesado.

$$L_p = 2 * C + 1.57 * (D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)}{4 * C}$$

$$L_p = 2 * 26.92 + 1.57 * (26.92 + 6.6) + \frac{(26.92 - 6.6)}{4 * 26.92} = 106.7 \text{ cm}$$

Correa normalizada seleccionado: **A42** ($L_p = 106.68 \text{ cm}$)

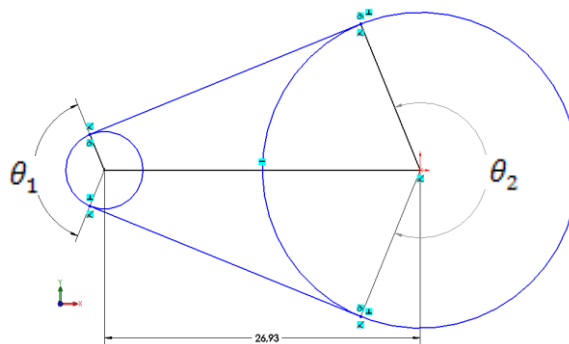
4.1.4 Corrección distancia entre centros: La distancia entre centros corregida se define con la Ecu. 1) donde $L_p = 106.68 \text{ cm}$ y los diámetros $D_p = 26.92 \text{ cm}$ y $d_p = 6.6 \text{ cm}$.

$$C = 0.25 * \left\{ \left(l_p - \frac{\pi}{2} * (D_p + d_p) - l_p \right) + \sqrt{\left[\frac{\pi}{2} * (D_p + d_p) \right]^2 - 2(D_p - d_p)^2} \right\} \quad 1)$$

$$C = 26.93 \text{ cm}$$

4.1.5 Ángulos de contacto: Se determina con los diámetros y distancia entre centros según la ecuacion que se presentan a continuación:

Figura 29. Ángulos en las poleas



$$\theta_1 = \pi - 2 * \sin^{-1} \frac{D_p - d_p}{2C} = \pi - 2 * \sin^{-1} \frac{26.92 - 6.6}{26.93} = 2.368 \text{ rad}$$

$$\theta_2 = \pi + 2 * \sin^{-1} \frac{Dp-dp}{2c} = \pi + 2 * \sin^{-1} \frac{26.92-6.6}{26.93} = 3.916 \text{ rad}$$

4.1.6 Determinación número de correas: Para la determinación del número de correas se emplea la Ecu. 2) y se hallan todos los factores.

$$N. \text{ belt} = \frac{P_p}{P_{na}} = \frac{P_p}{k\theta * kl * P_n} \quad 2)$$

Donde:

Coeficiente de arco de contacto:

$$k\theta = f \left\{ \frac{Dp - dp}{C} \right\} = f \left\{ \frac{26.92 - 6.6}{26.93} \right\} = f\{0.7545\} = 0.88$$

Factor corrección de longitud:

- Para la correa A42 el $kl = 0.9$

Potencia nominal:

$$P_n = \left[2.98 * a \left(\frac{10^3}{Vm} \right)^{0.09} - \frac{8.43 * c}{kd * dp} - 35.72 * e * \frac{Vm^2}{10^6} \right] * \frac{Vm}{10^3} \text{ [CV]} \quad 3)$$

Donde:

Coeficientes de diámetro pequeño:

$$kd = f \left\{ \frac{Dp}{dp} \right\} = f \left\{ \frac{26.92}{6.6} \right\} = f\{4.07\} = 1.14$$

a, c y e son constantes específicas para cada tipo de correa.

- $a = 2.684$ $c = 5.326$ $e = 0.0136$

Vm es velocidad periférica de la banda.

- $Vm = \pi * dp * n = \pi * 0.066 \text{ m} * 1750 = 362.854 \frac{\text{m}}{\text{min}}$

Resolviendo la Ec. 3)

$$P_n = 0.99 \text{ [CV]} = 728.67 \text{ [w]}$$

Resolviendo la Ec. 2).

$$N. belt = \frac{P_p}{k\theta * kl * P_n} = \frac{484.7 [W]}{0.88 * 0.9 * 728.67 [w]} = 0.83$$

Se requiere 1 correa para desarrollar la potencia necesaria.

4.1.7 Características de la transmisión:

- Correa referencia A42
- Diámetro normalizado de la polea mayor de 26.92 cm.
- Diámetro normalizado de la polea menor de 6.6 cm.
- Distancia entre centros de 26.93 cm.
- Longitud original de la correa de 106.68 cm.

4.2 EJE DEL ROTOR

El eje del rotor (Figura 30), está sometido al efecto de una carga combinada de flexión y torsión, al mismo tiempo presenta una carga axial de compresión debido a la masa que descansa sobre él.

El material empleado es el acero AISI 1045¹⁸ estirado en frío, los usos principales para este acero se centran en ejes, partes de maquinaria, cuñas, herramientas agrícolas, etc. A continuación se plantea el desarrollo.

4.2.1 Cargas Flectoras: Son producto de las fuerzas de empuje provocada por las tensiones en la correa sobre las poleas. Las fórmulas son tomadas del diseño de máquinas de Shigley¹⁹.

¹⁸ Propiedades Mecánicas y físicas tomadas del Webside MATWEB (Material Property Data).

¹⁹ Shigley's Mechanical Engineering Design, Eighth Edition.

Se determina la tensión centrífuga dada por la Ec. 1. El valor de V_m (Velocidad periférica) se había hallado en el anterior numeral y K_c para correa tipo A es $K_c = 0.561$.

$$F_c = K_c * \left(\frac{V_m \left(\frac{ft}{min} \right)}{1000} \right)^2 \quad 1)$$

$$F_c = 0.561 * \left(\frac{362.854 \frac{m}{min} * 3.28 \frac{ft}{m}}{1000} \right)^2 = 0.7946 \text{ lb} = 3.535 \text{ N}$$

Se determina la fuerza generada por el motor $\Delta F = F_1 - F_2$: donde P_p (Potencia en Watt) y dp (Diámetro primitivo polea menor en metros), N_i (Velocidad motor en rpm) para hallar las fuerzas independientemente.

$$\Delta F = \frac{P_p * 9.55}{N_i * \frac{dp}{2}} = \frac{484.7 * 9.55}{1750 * \frac{0.066}{2}} = 80.15 \text{ N}$$

Fuerza

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F * e^{\mu * \theta}}{e^{\mu * \theta} - 1} = 3.535 + \frac{80.15 * e^{0.5126 * 2.368}}{e^{0.5126 * 2.368} - 1} = 117.6 \text{ N}$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F = 117.6 - 80.15$$

$$F_2 = 37.45 \text{ N}$$

4.2.2 Cargas torsionales: El eje en operación debe soportar la acción de un torque producto de la resistencia que opone la masa a ser girada. Este torque se asume uniforme por la disposición del estator y porque la máquina

entra en estado estable muy rápidamente. El análisis se hace con el torque máximo entregado por el motor.

De la expresión de potencia

$$Pot = \frac{T * N}{9.55}$$

$$T = Torque [N - m]$$

$$N = 429 \text{ rpm}$$

Obtenemos:

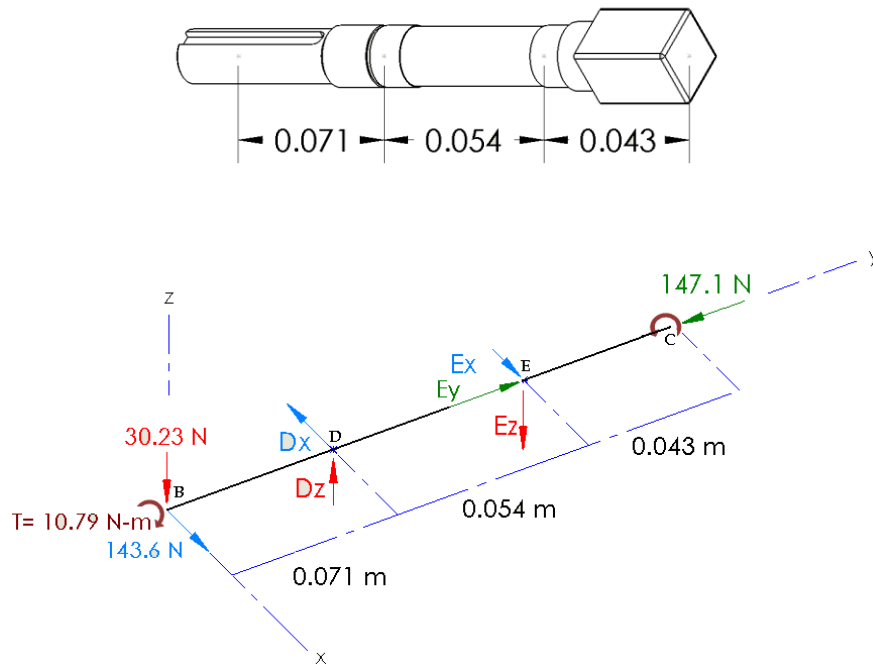
$$T = \frac{P_p * 9.55}{N} = \frac{484.7 * 9.55}{429}$$

$$T = 10.79 [N - m]$$

4.2.3 Carga axial: Es producto del peso de las papas. Según la capacidad tomada el valor es de **147.1 N**.

4.2.4 Sección Crítica: La sección crítica se localiza cerca al cambio de sección donde se ubica el rodamiento en el punto D (ver Figura 30). La carga actuante es combinada (torsión – flexión rotativa – axial) y son las responsables de producir esfuerzos normales y transversales.

Figura 30. Diagrama de esfuerzos de el eje.



Plano y-x:

$$\sum M_E = 0 \quad D_x * 54 = 143.6 * (54 + 71)$$

$$D_x = 332.4 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 \quad E_x = 188.8 \text{ N}$$

Plano y-z:

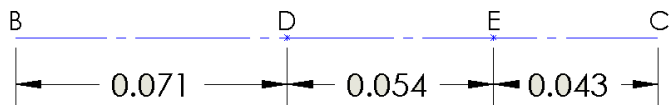
$$\sum M_D = 0 \quad D_z * 54 = 30.23 * (54 + 71)$$

$$D_z = 69.98 \text{ N}$$

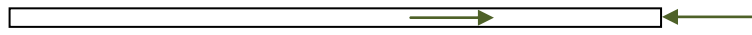
$$\sum F_z = 0 \quad E_z = 39.75 \text{ N}$$

Carga axial:

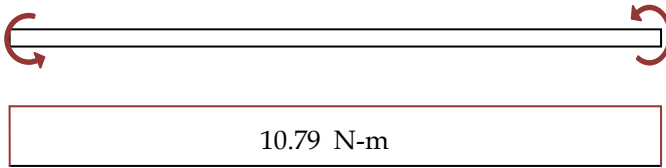
$$\sum F_y = 0 \quad E_y = 147.1 \text{ N}$$



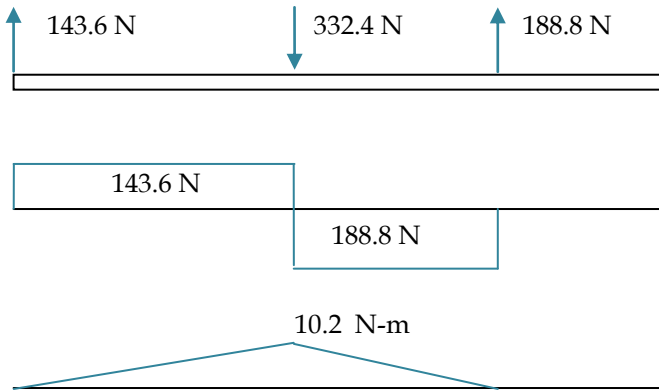
AXIAL



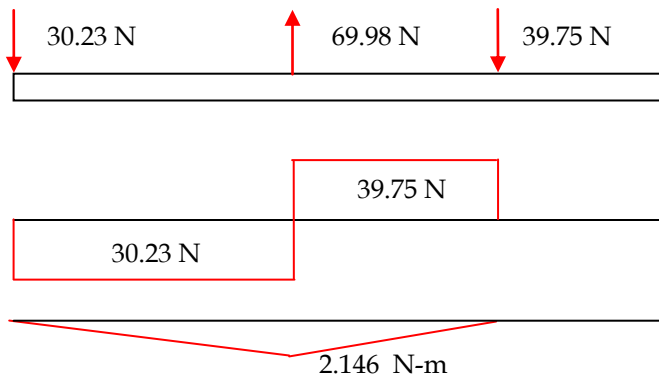
TORSIÓN



FLEXIÓN y-x:



FLEXIÓN y-z:



Para el análisis y determinación del factor de seguridad se sigue el criterio de Goodman de esfuerzo último para materiales dúctiles. Los cálculos para el desarrollo están basados en el Manual de fatiga de Alfredo Parada²⁰.

En el diagrama de la Figura 30 se muestran los valores de las cargas producto de la flexión, torsión y axial.

- Momento flector: $M_R = 10.42 [N - m]$
- Momento torsor: $T = 10.79 [N - m]$
- Diámetro: $d = 0.015 [m]$

Esfuerzos:

$$\sigma = \frac{M * C}{I} = \frac{32 M}{\pi d^3}$$
$$\sigma = \frac{32 * 10.42}{\pi 0.015^3} = 3.145 * 10^7 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{16 * T}{\pi d^3} = \frac{16 * 10.79}{\pi 0.015^3} = 1.628 * 10^7 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Debido a la naturaleza de la máquina el esfuerzo cortante es uniforme durante toda la operación de modo que el esfuerzo alterno es nulo, además como el eje es sometido a carga axial reversible el esfuerzo medio es cero.

Consecuentemente:

$$\sigma_a = 3.145 * 10^7 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$
$$\sigma_m = 0$$

²⁰ Fatiga, Fisura prosesiva. Alfredo Parada. Edición de 1990. Bucaramanga. Pág. 7-50

$$\tau_m = 1.628 * 10^7 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$\tau_a = 0$$

Se analiza el límite de endurancia o resistencia a la fatiga para vida infinita “Se”: Para un Acero AISI 1045. $S_{ut} = 565 \text{ MPa}$.

Para materiales dúctiles y 10^6 ciclos se analiza de la siguiente forma.

S_e' = Límite de resistencia a la fatiga del elemento afectado

$$S_e' = S_e * k_l * k_s * k_d * k_c * k_T * k_m * k_{f_{m\acute{a}x}} \quad 1)$$

Donde:

- S_e = Resistencia a la fatiga elemento ideal.

$$S_e = 0.5 * S_{ut} = 0.5 * 565 = 282.5 \text{ MPa}$$

- k_l = Factor de carga (axial, flectora, torsional).

$$k_l = 0.55$$

- k_s = Factor de acabado superficial.

Para $S_{ut} = 565 \text{ MPa}$ y maquinado común. $k_s = 0.79$

- k_d = Factor de tamaño.

Para diámetros entre $0.01 < d < 0.0508$. $k_d = 0.9$

- k_c = Factor de confiabilidad.

Para una confiabilidad del 99%. $k_c = 0.814$

- k_T = Factor de temperatura.

Operación bajo condiciones ambiente $T < 71^\circ\text{C}$. $k_T = 1.0$

- k_m = Factor de efectos miscelaneos.

$$k_m = 1$$

- k_f = Factor concentrador de esfuerzos para fatiga. Esta dada por la Ec. 2).

$$k_f = 1 + q(kt - 1) * ks \quad 2)$$

q = Sensibilidad a la entalladura

Para un radio de entalladura $r = 1 \text{ mm}$ y ángulo de 90° y $S_{ut} = 565 \text{ MPa}$

$q_t = 0.7$ Para flexion

$q_s = 0.76$ Para torsión

kt = Factor de concentración de esfuerzos. Se halla con los siguientes datos y relaciones.

$$d = 15 \text{ mm}; \quad D = 17 \text{ mm}; \quad r = 1 \text{ mm}; \quad \frac{D}{d} = \frac{17}{15} = 1.133;$$

$$\frac{r}{d} = \frac{1}{15} = 0.0667$$

Se obtiene:

$kt_f = 1.65$ para flexión.

$kt_s = 1.53$ para torsión.

Con estos valores de concentradores se Reemplazan en la Ec. 2). El valor de ks se había hallado anteriormente y es igual a $ks = 0.79$.

$$k_{ff} = 1 + 0.7(1.65 - 1) * 0.79 = 1.359$$

$$k_{fs} = 1 + 0.76(1.53 - 1) * 0.79 = 1.318$$

Se halla el valor de límite de resistencia a la fatiga del elemento con la Ec. 1).

$$S_e' = S_e * kl * ks * kd * kc * k_T * km$$

$$S_e' = 282.5 * 0.55 * 0.79 * 0.9 * 0.814 * 1 * 1$$

$$S_e' = 89.92 \text{ MPa}$$

Se verifican factores de seguridad pero primero se hallan los esfuerzos para materiales dúctiles con formulas de Mises.

- Esfuerzo alternativo

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{[\sigma_a * k_{fm\acute{a}x}]^2 + 3[\tau_a * k_{fs}]^2} = \sqrt{[3.145 * 10^7 * 1.359]^2 + 3[0 * 1.318]^2}$$

$$\sigma_{eqa} = 4.274 * 10^7 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

- Esfuerzo medio

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{[\sigma_m]^2 + 3[\tau_m]^2} = \sqrt{[0]^2 + 3[1.628 * 10^7]^2}$$

$$\sigma_{eqm} = 2.82 * 10^7 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

- Factor de seguridad ANTIFATIGA.

$$N_{AB} = \frac{S_e'}{\sigma_{eqa} + S_e' * \frac{\sigma_{eqm}}{S_{ut}}} = \frac{89.92 * 10^6}{4.274 * 10^7 + 89.92 * 10^6 * \frac{2.82 * 10^7}{565 * 10^6}}$$

$$N_{AB} = 1.904$$

- Factor de seguridad ANTICEDENCIA.

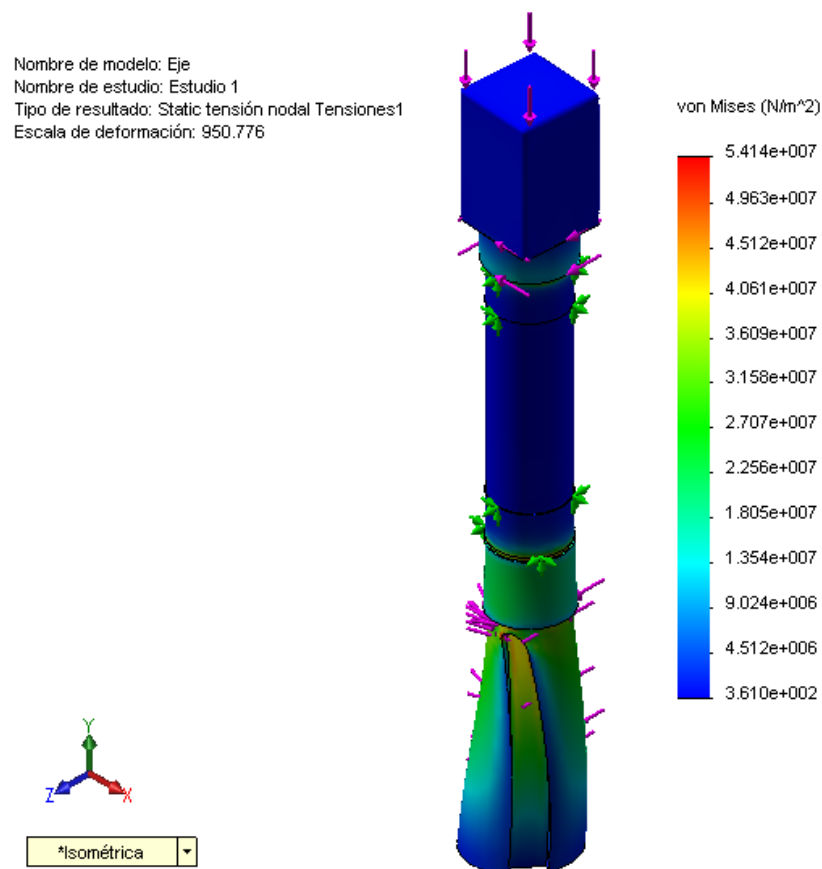
$$N_{AC} = \frac{S_{yt}}{\sigma_{eqa} + \sigma_{eqm}} = \frac{310 * 10^6}{4.274 * 10^7 + 2.82 * 10^7}$$

$$N_{AC} = 4.37$$

Con base en los datos anteriores se determina que el elemento se comportara de manera eficiente y no esta sobrediseñado. Para corroborar que el elemento sera eficaz bajo carga estatica se hace un analisis estructural del eje con las cargas que lo afectan.

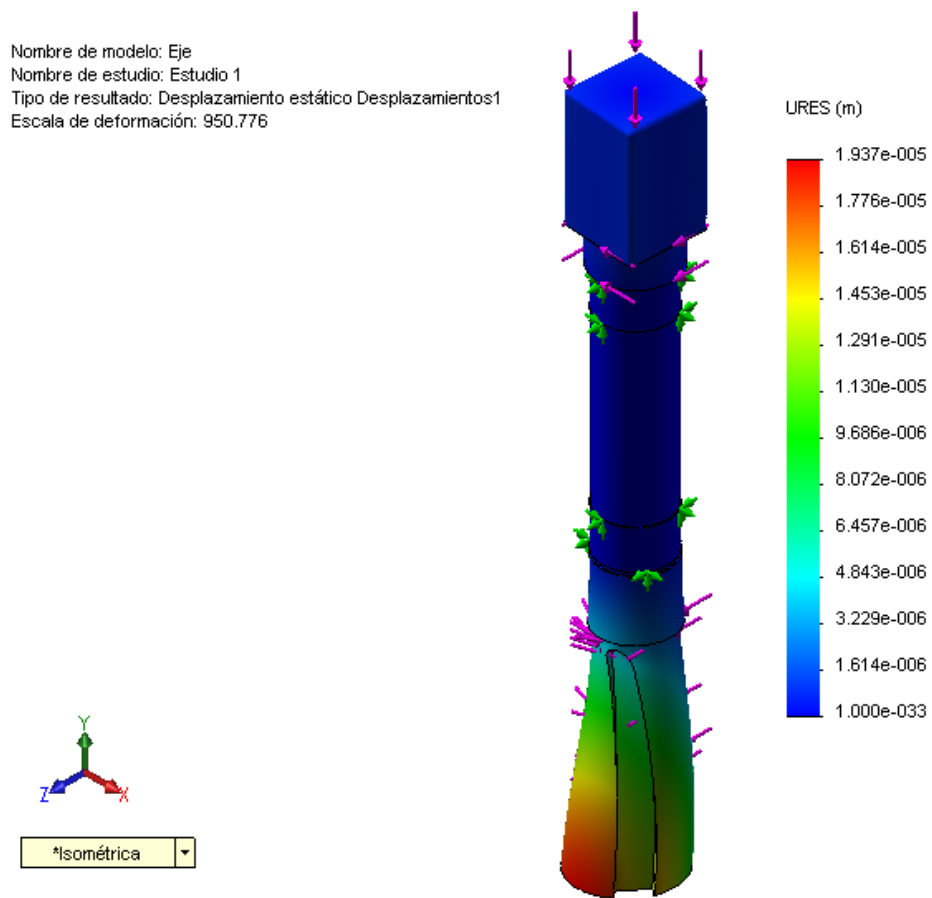
4.2.5 CAE: En las figuras que se muestran a continuación se verificará esfuerzo, desplazamiento y factor de seguridad. La escala manejada en resultados va desde una tonalidad azul oscuro (zona mas segura) hasta una tonalidad roja. El mallado es con elementos sólidos tetraédricos con un tamaño de 1.6967mm y alta calidad.

Figura 31. Gráfico de esfuerzo estático.



El máximo valor de esfuerzo al que es sometido el eje bajo carga es 54 Mpa. El esfuerzo de fluencia del material AISI 1045 es 310 Mpa lo cual garantiza que la pieza no fallara con las cargas aplicadas.

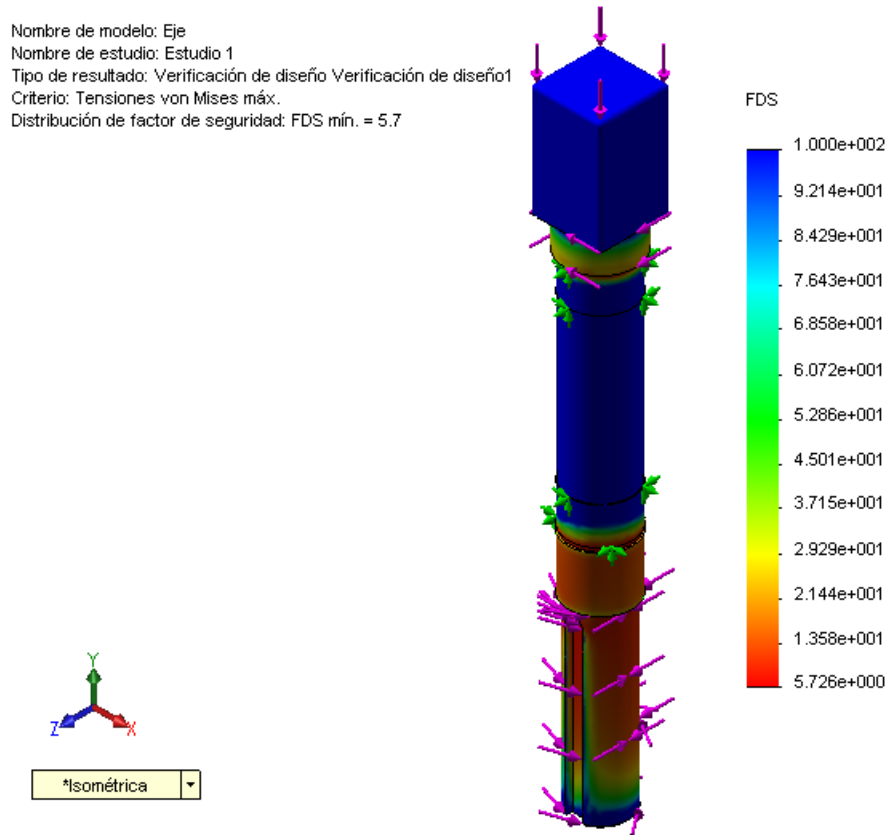
Figura 32. Gráfico de desplazamiento.



En el estudio de deformaciones se obtiene un valor de 1.937×10^{-5} m, esta deformación es baja garantizando el diseño.

Para la verificación de diseño se emplea el criterio de Von Mises el cual se utiliza para materiales dúctiles. La distribución del factor de seguridad se ve en el Figura 33 donde se obtiene 5.7 como mínimo, lo cual garantiza confiabilidad en el eje.

Figura 33. Gráfico factor de seguridad.



4.3 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Es apropiado emplear rodamientos de bolas por la naturaleza de las cargas, economía y además porque son estandarizados internacionalmente, intercambiables y fáciles de obtener. Estos rodamientos pueden soportar tanto cargas radiales, como axiales al mismo tiempo.

Para este cálculo se empleará el catalogo New Technology Network “NTN” de Rodamientos de Bolas. Como se hace análisis de piezas constantemente se selecciona el Rodamiento NTN_6003 de la Sección B8 por diseño en

cuanto al elemento que lo va a soportar. Se verifica el factor de seguridad con los cálculos siguientes.

Carga radial dinámica equivalente: Con la Ec. 1) se halla la carga. Se tabulan los datos necesarios según el apoyo (Ver Figura 30) a estudiar.

$$Pr = XFr + YFa \quad 1)$$

Donde,

Pr =Carga radial dinámica equivalente, N.

Cr = Capacidad del rodamiento

Fr =Fuerza radial aplicada, N.

Fa =Fuerza axial aplicada, N.

X =Factor de carga radial; Y =Factor de carga axial

Selección	apoyo	Fr	Fa	$e = \frac{Fa}{Fr}$	X	Y	Pr	Cr_{6003}	$N = \frac{Cr}{Pr}$
6003	D	332.4	0		1	0	332.4	3500	10.5
	E	188.8	147.1	0.779	0.56	1	252.8	3500	13.83

Según la selección en los apoyos D y E los rodamientos se comportan de manera apropiada

5. CONSTRUCCIÓN.

Para la construcción de la máquina se tuvo en cuenta facilidad de adquisición en el mercado local de cada uno de los elementos empleados y de maquinaria para los procesos de manufactura.

En la Tabla 8 se especifica cada uno de los procesos de manufactura a los cuales fueron sometidas las piezas de la máquina.

Tabla 8. Determinación procesos de manufactura

Nº	Pieza	Cantidad	Material	Torneado	Fresado	Taladrado	Roscado	Estándar	Soldadura	Doblado	Fundición	Corte soplete	Sandblasting
1	Eje	1	AISI 1045	x	x								
2	Estator	1	Inox 304			x	x		x	x			
3	Base inferior	1	Acero						x			x	
4	Base superior	1	Acero						x			x	
5	Lámina de unión	1	Acero						x			x	
6	Pieza roscada lámina de unión	4	Acero			x	x		x				
7	Cilindro cuadro de mando	1	Inox. 304			x			x	x		x	
8	Tapa de cilindro cuadro de mando	1	Inox. 304			x			x			x	
9	Tubo de estructura (Soporte)	2	A36			x			x	x			
10	Barra unión soporte	2	Acero			x			x				
11	Apoyo barra de unión	2	A36						x				
12	cuadrante plato-Eje	1	1020	x		x	x						
13	Buje-eje	1	Aluminio	x		x							
14	Rotor	1	Aluminio	x		x	x				x		
15	Compuerta	1	Aluminio	x		x	x				x		x
16	Puerta	1	Aluminio	x		x					x		x
17	Barra puerta	1	Inox. 304							x			
18	Base cilindro	1	Aluminio	x		x	x				x		
19	Tolva	1	Aluminio	x		x	x				x		x

Después de obtener las piezas fundidas es necesario realizar un acabado de las superficies generadas, aunque el modelo se aproxima mucho, se logra puliendo o quitando algún material de las piezas producidas en el torno.

Cuando se utilizan modelos disponibles como la tolva o la puerta algunas características antes mencionadas no son aplicables. Para dar un mejor acabado a las superficies se emplea un tratamiento de limpieza superficial por impacto (sandblasting) con el cual se puede lograr un excelente acabado superficial y simultáneamente una correcta terminación superficial.

Figura 34. Imágenes Fundición máquina.



- **Eje:** El eje se realiza en su totalidad en el torno. Se parte de un perfil cuadrado de lado 0.75 pulgadas AISI 1045, se efectúa desbaste sucesivo hasta estar cerca de la medida. Se hace acabado con alta velocidad y poca profundidad.

Figura 35. Elementos del eje - torno.



- **Base:** Consta de láminas en acero calibre 12, para dar su forma específica se hace un croquis y con ayuda de un soplete se corta delimitando todos sus detalles. Para dar acabado se emplea una pulidora y/o moto-tool. Seguido esto se une de manera permanente la base superior con la lámina lateral.

Figura 36. Base.



- **Tubos del soporte:** Se emplean tubos de acero estructural, los cuales llevan un proceso de doblado para adquirir la forma deseada siguiendo patrones establecidos de ángulos y distancias. Para que quede como una sola pieza se une por medio de soldadura y estos hacen parte del soporte de la máquina.

Figura 37. Soporte.



-Aplicación del grano: El tamaño de grano empleado para el proceso es el numero 36. Para que tenga adherencia se emplea aglutinante²² el cual es no toxico para el ser humano igual que el carborundo. Su aplicación es por medio de capaz delgadas donde se aplica aglutinante y se esparce el grano abrasivo de manera uniforme en la superficie dejando secar progresivamente. Se aplica tanto al estator como al rotor.

Figura 38. Rotor y estator con grano.



- Sistema de control: El sistema de control empleado es de lazo abierto ya que es un mecanismo sencillo. Es una medida de prevención para que el

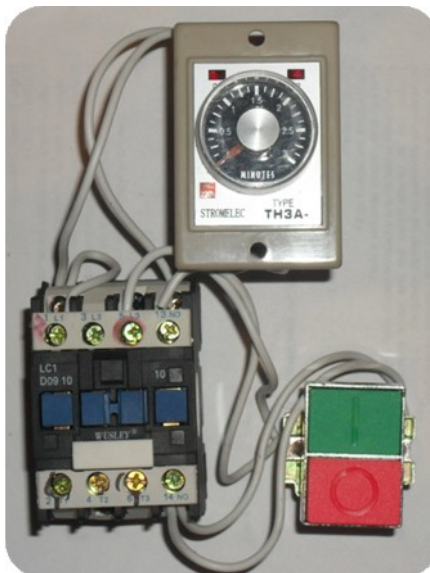
²² Expedido por la empresa a la que se compra el abrasivo (Carborundum).

operario no deje en funcionamiento la máquina más tiempo del que pueda requerir el proceso y evitar daños excesivo del tuberculo.

Los componentes que intervienen en el sistema son:

- Temporizador: Es un mecanismos que funcionan por cierto tiempo donde este es ajustado de acuerdo a la cantidad de tuberculo a procesar. En la máquina peladora de papa tendra un tiempo máximo de 3 minutos.
- Pulsador: Es el elemento que permite el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado.
- Contactor: es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica cuando el temporizador halla cumplido el tiempo asignado o cuando se oprima el pulsador.

Figura 39. Sistema de control.



6. PRUEBAS

Se realizaron pruebas a fin de obtener la eficiencia de la máquina en la remoción de la cáscara. Para tal objetivo se tiene en cuenta la calidad de pelado y la relación de masa inicial frente a la obtenida al final del proceso.

El procedimiento de pruebas se inicia lavando el tubérculo, posteriormente es pesado (Ver Figura 38) para ser ingresado a la máquina. Se regula el flujo de agua y se pone en funcionamiento. Visualmente se determina el punto en el que la papa ya se encuentra totalmente pelada, cronometrando el tiempo desde el encendido de la máquina hasta dicho punto. Seguidamente se retiran del estator, se pesan nuevamente para poder determinar la masa removida

Figura 40. Proceso de pesado pruebas.



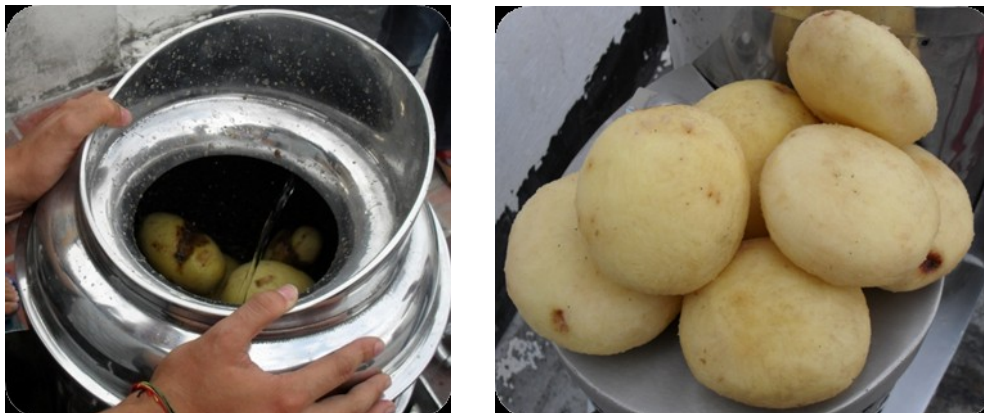
En la tabla 9 se muestran los valores obtenidos del procedimiento anterior. Las papas para las pruebas poseen un masa de 465 gr aproximadamente excepto en la prueba 2 que se utilizaron papas de aproximadamente 250 gr.

Tabla 9. Datos de pruebas.

<i>Prueba N°</i>	<i>Capacidad diseño (%)</i>	<i>Masa inicial (Kg)</i>	<i>Tiempo (s)</i>	<i>Masa final (Kg)</i>	<i>Masa Removida= $M_{inicial} - M_{final}$ (Kg)</i>	<i>Eficiencia de pelado= $\frac{M_f}{M_i} * 100$ (%)</i>
1	25	2.72	29.5	2.2	0.52	80
2	35	3.85	43	3.4	0.45	85
3	36.4	4	37	3.42	0.58	85.5
4	50	5.5	42	4.97	0.53	90.36
5	67	7.35	50	6.71	0.64	91.3
6	75	8.2	58	7.5	0.7	91.46
7	100	11	85	10.2	0.8	92.72

Terminada la prueba, se considera que la calidad de pelado es óptima, teniendo en cuenta que el abrasivo no maltrata la superficie del tubérculo, sigue su irregularidad, dejando cáscara únicamente en las zonas donde se encuentran depresiones.

Figura 41. Papa despues del proceso.



Según los datos obtenidos en la Tabla 9 la masa removida durante el proceso fue baja teniendo en cuenta la cantidad de masa al inicio, lo cual muestra un menor desperdicio de materia prima. Durante la prueba se observa que a menor cantidad de papa se ve más afectado el tubérculo ya que tiene más superficie de choque y por lo tanto mayor pérdida de papa. Lo adecuado es manejar una capacidad superior al 50% (4.5 Kg) y lo ideal para ahorro de recursos es utilizarla con la capacidad total (11Kg).

El tiempo de pelado varía según el tamaño de las papas; en la prueba 2 la utilización de papas de menor tamaño permite observar que el tiempo para conseguir un pelado uniforme es mayor.

Con esta prueba se observa el desempeño de la máquina y se cumple con el objetivo planeado.

7. PRESUPUESTO

A continuación se especifica los costos de los diferentes elementos y accesorios de máquina que se utilizan en la construcción sin incluir asesoría ingenieril.

PIEZAS	Cantidad	Precio
Eje	1	35.000
Estator	1	320.000
Base inferior	1	18.000
Base superior	1	18.000
Lámina de unión	1	7.000
Pieza roscada lámina de unión	4	10.000
Cilindro cuadro de mando	1	90.000
Tapa de cilindro cuadro de mando	1	60.000
Tubo de estructura (Soporte)	2	40.000
Barra unión soporte	2	12.000
Apoyo barra de unión	2	10.000
cuadrante plato-Eje	1	10.000
Buje-eje	1	75.000
Rotor	1	150.000
Puerta	1	80.000
Barra puerta	1	6.000
Base cilindro	1	160.000
Tolva	1	120.000
Retenedor eje	1	14.000
Rodamiento 6003 LLH	2	28.000
Anillo d=17	1	600
Rueda	2	15.000
Tornillo hexagonal 3/8	8	3.200
Tuerca 3/8	4	800
Arandelas de presión 3/8	16	3.200
Tornillo hexagonal 1/4	8	2.400
Arandela de presión 1/4	16	3.200
Tuerca 1/4	4	800
Tornillo hexagonal 5/16	2	800

Arandela de presión 5/16	2	400
Tornillo bristol 5/16	1	700
Polea comercial 10.6 in	1	45.000
Polea comercial del motor 2.6_in	1	17.000
Motor 1/2 hp	1	260.000
<hr/>		
OTROS		
Soldadura		80.000
Grano abrasivo (Carburo de Silicio)		150.000
Pintura acrílica aluminio fino y base		43.000
Sistema eléctrico y de control		80.000
Mano de obra		200.000
Acabado sandblast		70.000
Elementos de medición		50.000
Papelería		200.000
Bibliografía (Libros técnicos, manuales)		200.000
Transporte		200.000
Producción intelectual		2.000.000
Imprevistos ()		200.000

8. CONCLUSIONES

El **Prototipo de máquina peladora de papa** presenta las siguientes ventajas:

- El diseño logra recopilar los criterios de calidad establecidos para asegurar una máquina que responda a la necesidad del cliente de la industria alimenticia, por su rapidez, bajo costo, fácil manejo, capacidad de pelado y durabilidad.
- El disco giratorio, y la película abrasiva interna, logra una distribución uniforme de las papas, permitiendo la acción de remoción sobre toda el área de éstas, siguiendo su irregularidad, sin reducir sus dimensiones. Debido a la irrigación continua, los desperdicios se van evacuando de forma constante, obteniéndose un producto limpio y listo para su respectivo procesamiento.
- Presenta gran facilidad de manejo, permitiendo que el usuario controle todas las acciones realizadas, de igual forma sus piezas son de fácil mantenimiento.
- El material utilizado en la elaboración de la máquina no representa ningún grado de peligrosidad ni de toxicidad para la salud humana, por lo cual se considera seguro para el proceso de pelado de papa.

9. RECOMENDACIONES

Para un nuevo diseño de la peladora, a pesar de que se obtuvo buenos resultados con las velocidades y la calidad de pelado, se recomienda aumentar la relación de velocidades para que la velocidad del rotor disminuya y la materia prima a pelar, tenga un movimiento más suave y uniforme. Igualmente, se podría adecuar el medio de transmisión de potencia para hacerla más compacta utilizando un sistema de engranes, con el fin de que tenga menos elementos de máquina aumentando así su confiabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

AGROCADENAS, La industria procesadora de papa, plátano y yuca. El mercado de pasabocas (snacks) y congelados en Colombia. 257p.

BUDYNAS, Richard G; NISBETT, J. Keith. Shigley's Mechanical Engineering Design, Eighth Edition. : Mcgraw-Hill, Boston 2008.

MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. Pearson. México, 2006.

NTN, Catalogo de Rodamientos de Bolas y de Rodillos, 2004.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Reseña De Fin De Año. Nueva luz sobre un Tesoro enterrado. Roma. 2009.

PARADA, Alfredo. Fatiga, Fisura progresiva. Edición de 1990. Bucaramanga. Pág. 7p.

PRODUCCIÓN DE LA PAPA. Diacol capiro para la agroindustria. 48p. CARE 2001.

QFD (Quality Function Deployment). Disponible en internet.

http://www.qfdlat.com/Herramientas_QFD/herramientas_qfd.html

RILEY, William F; STURGES, Leroy D. Dinámica. Editorial Reverte. S.A. Barcelona 2005.

VÁSQUEZ, Leonidas. Diseño de máquinas I. Modulo de Transmisión de potencia. Universidad Industrial de Santander. 48p.

ANEXOS

ANEXO A. SELECCIÓN POR CORREAS

Gráfico de selección del perfil de correa

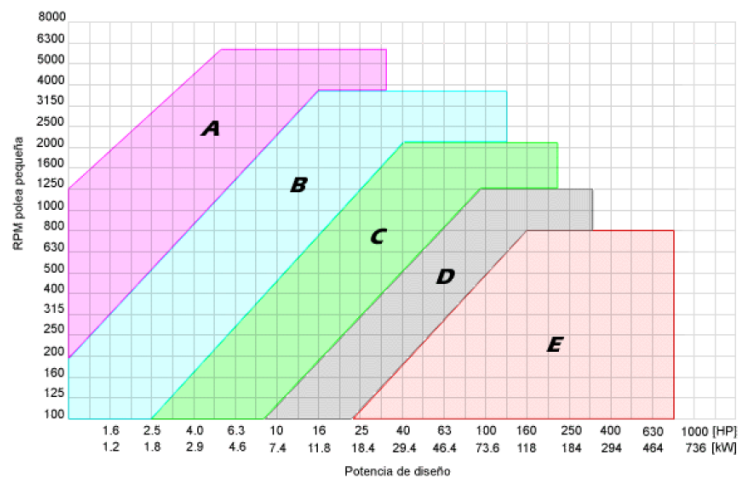


TABLA 17.4 COEFICIENTES DE DIÁMETRO PEQUEÑO K_d ^[17-11]

D_1 / D_2	K_d
1,000 - 1,019	1,00
1,020 - 1,032	1,01
1,033 - 1,055	1,02
1,056 - 1,081	1,03
1,082 - 1,109	1,04
1,110 - 1,142	1,05
1,143 - 1,178	1,06
1,179 - 1,222	1,07
1,223 - 1,274	1,08
1,275 - 1,340	1,09
1,341 - 1,429	1,10
1,430 - 1,562	1,11
1,563 - 1,814	1,12
1,815 - 2,948	1,13
2,949 y más	1,14

TABLA 17.5 COEFICIENTES DE ARCO DE CONTACTO, K_θ ^[17-13]

$\frac{D_1 - D_2}{C}$	K_θ	
	VV	V-plana
0,00	1,00	0,75
0,10	0,99	0,76
0,20	0,97	0,78
0,30	0,96	0,79
0,40	0,94	0,80
0,50	0,93	0,81
0,60	0,91	0,83
0,70	0,89	0,84
0,80	0,87	0,85
0,90	0,85	0,85
1,00	0,82	0,82
1,10	0,80	0,80
1,20	0,77	0,77
1,30	0,73	0,73
1,40	0,70	0,70
1,50	0,65	0,65

TABLA 17.3 LONGITUDES NORMALIZADAS DE CORREAS TRAPEZOIDALES NORTEAMERICANAS CONSTANTES DE POTENCIA [17...13]

El valor D_s min. Es el diámetro primitivo de la polea menor que debe utilizarse con esta sección. Si se emplea una polea más pequeña, lo probable es que la correa tenga poca duración. L está expresada en pulgadas (y en centímetros).

SECCION A			SECCION B			SECCION C			SECCION D		
D_s min = 3 pulg (7,62 cm)			D_s min = 5,4 pulg (13,71 cm)			D_s min = 9 pulg (22,86 cm)			D_s min = 13 pulg (33 cm)		
Correa número	Longitud primitiva		Correa número	Longitud primitiva		Correa número	Longitud primitiva		Correa número	Longitud primitiva	
	pulg	(cm)		pulg	(cm)		pulg	(cm)		pulg	(cm)
A26	27,3	(69,3)	B35	36,8	(93,4)	C51	53,9	(136,9)	D120	123,3	(313,1)
A31	32,3	(82,0)	B38	39,8	(101,1)	C60	62,9	(159,7)	D128	131,3	(333,5)
A35	36,3	(92,2)	B42	43,8	(111,2)	C68	70,9	(180,0)	D144	147,3	(374,1)
A38	39,3	(99,8)	B46	47,8	(121,4)	C75	77,9	(197,8)	D158	161,3	(409,7)
A42	43,3	(109,9)	B51	52,8	(134,1)	C81	83,9	(213,1)	D173	176,3	(447,8)
A46	47,3	(120,1)	B55	56,8	(144,2)	C85	87,9	(223,2)	D180	183,3	(465,5)
A51	52,3	(132,8)	B60	61,8	(156,9)	C90	92,9	(235,9)	D195	198,3	(503,6)
A55	56,3	(143,0)	B68	69,8	(177,2)	C96	98,9	(251,2)	D210	213,3	(541,7)
A60	61,3	(155,7)	B75	76,8	(195,0)	C105	107,9	(274,0)	D240	240,8	(611,6)
A68	69,3	(176,0)	B81	82,8	(210,3)	C112	114,9	(291,8)	D270	270,8	(687,8)
A75	76,3	(193,0)	B85	86,8	(220,4)	C120	122,9	(312,1)	D300	300,8	(764,0)
A80	81,3	(206,5)	B90	91,8	(233,1)	C128	130,9	(332,4)	D330	330,8	(840,2)
A85	86,3	(219,2)	B97	98,8	(250,9)	C144	146,9	(373,1)	D360	360,8	(916,4)
A90	91,3	(231,9)	B105	106,8	(271,2)	C158	160,9	(408,6)	D390	390,8	(992,6)
A96	97,3	(247,1)	B112	113,8	(289,0)	C173	175,9	(446,7)	D420	420,8	(1068,8)
A105	106,3	(270,0)	B120	121,8	(308,3)	C180	182,9	(464,5)	D480	480,8	(1221,2)
A112	113,3	(287,7)	B128	129,8	(329,6)	C195	197,9	(502,6)	D540	540,8	(1373,6)
A120	121,3	(308,1)	B144	145,8	(370,3)	C210	212,9	(540,7)	D600	600,8	(1526,0)
A128	129,3	(328,4)	B158	159,8	(405,8)	C240	240,9	(611,8)	D660	660,8	(1672,4)
			B173	174,8	(444,0)	C270	270,9	(688,0)			
			B180	181,8	(461,7)	C300	300,9	(764,2)			
			B195	196,8	(499,8)	C330	330,9	(840,4)			
			B210	211,8	(537,9)	C360	360,9	(916,6)			
			B240	240,3	(610,3)	C390	390,9	(992,8)			
			B270	270,3	(688,0)	C420	420,9	(1069,0)			
			B300	300,3	(762,7)						
Constantes para potencia nominal: a = 2,684 c = 5,326 e = 0,0136			Constantes para potencia nominal: a = 4,737 c = 13,962 e = 0,0234			Constantes para potencia nominal: a = 8,792 c = 38,819 e = 0,0416			Constantes para potencia nominal: a = 18,788 c = 137,7 e = 0,0848		

ALGUNOS DIÁMETROS DE POLEA NORMALIZADOS

Varía en aumentos de 0,2 pulg (0,50 cm) desde 2,6 pulg (6,6 cm) hasta 5,2 pulg (13,20 cm); luego en aumentos de 0,4 pulg (1,01 cm) hasta 6,4 pulg (16,25 cm); luego los diámetros de 7; 8,2; 9; 10,6; 12; 15; 18 pulg (o sea, respectivamente, 17,78; 20,82; 22,86; 26,92; 30,48; 38,10; 54,72 cm).	Varía en aumentos de 0,2 pulg (0,50 cm) hasta 4,6 pulg (11,68 cm); luego los diámetros de 5; 5,2; 5,4; 5,6; 6; 6,4; 6,8; 7,4; 8,6; 9,4; 11; 12,4; 15,4; 18,4; 20; 25; 30; 38 pulg (o sea, respectivamente, 12,70; 13,20; 13,71; 14,22; 15,24; 16,25; 17,27; 18,79; 21,84; 23,87; 27,94; 31,50; 39,12; 46,74; 50,80; 63,50; 76,20; 96,52 centímetros).	Varía en aumentos de 0,5 pulg (1,27 cm) desde 7 pulg (17,78 cm) hasta 11 pulg (27,94 cm); luego en aumentos de 1 pulg (2,54 cm) hasta 14 pulg (35,56 cm); de 2 pulg (5,08 cm) hasta 20 pulg (50,80 cm); luego los diámetros de 24, 30, 36, 44, 50 pulg (o sea, respectivamente, 60,96; 76,20; 91,44; 111,76; 127 centímetros).	Varía en aumentos de 0,5 pulg (1,27 cm) desde 13 pulg (33,02 cm) hasta 16 pulg (40,64 cm); luego los diámetros de 18, 22, 27, 33, 40, 8, 58 pulg (o sea, respectivamente, 45,72; 55,88; 68,58; 83,82; 101,60; 121,92; 147,32 cm).
---	---	--	---

ANEXO C. DIMENSIONES MOTOR EJECUCIÓN B3.

Ejecución B3

www.siemens.com.co/catalogomotores.htm

Este tipo de motor está diseñado con un alto par de arranque y baja corriente de arranque, para aplicaciones que requieran arranques con carga, tales como compresores de aire, ventiladores radiales, reductores de velocidad, máquinas herramientas, etc.

Se distinguen por tener eje con chavetero y cuña para la colocación de poleas o em-

bragues, velocidad de 3600 y 1800 rpm., montaje horizontal o vertical a través de una base con perforaciones según norma NEMA ó IEC, posibilitando su uso en máquinas con bases tanto americanas como europeas.

Otras ejecuciones y velocidades se fabrican bajo pedido.



Datos Técnicos											
Tipo 1RF3	Potencia nominal	Factor de servicio	Corriente con factor de servicio (A)		Velocidad con factor de servicio RPM	Rendimiento %	Cos Ø	Par nominal Nm	Corriente de arranque en % de la cte. nominal	Condensador de arranque µf	No. de Depósito
	HP		115V	230 V							
3600 RPM											
092-2YB90	1/3	1.75	8.0	4.3	3.450	63	0.61	0.700	482	216 - 259	01690
093-2YB90	1/2	1.60	10.4	5.2	3.450	61	0.68	1.012	462	216 - 259	01625
094-2YB90	3/4	1.50	13.6	6.8	3.450	70	0.70	1.522	540	216 - 259	01626
095-2YB90	1.0	1.40	16.3	8.2	3.450	67	0.75	2.036	508	340 - 408 ¹⁾	01627
096-2YB90	1.5	1.30	22.0	11.0	3.450	74	0.75	3.100	537	340 - 408 ¹⁾	01628
097-2YB90	2.0	1.20	25.0	12.5	3.450	76	0.78	4.076	500	540 - 648 ²⁾	01629
098-2YB90	3.0	1.15	35.0	17.5	3.450	76	0.85	6.107	480	540 - 648 ²⁾	01630
1800 RPM											
092-4YB90	1/3	1.35	7.4	3.7	1.700	56	0.57	1.373	382	216 - 259	01162
093-4YB90	1/2	1.25	9.4	4.7	1.680	63	0.63	2.059	434	216 - 259	01163
094-4YB90	3/4	1.25	13.2	6.6	1.640	66	0.65	3.098	384	340 - 408	01164
095-4YB90	1.0	1.15	16.2	8.1	1.650	69	0.65	4.142	411	540 - 648	01165
096-4YB90	1.5	1.15	20.0	10.0	1.720	72	0.68	6.213	398	340 - 408 ³⁾	01166
097-4YB90	2.0	1.15	27.6	13.8	1.650	72	0.77	8.284	407	540 - 648 ³⁾	01167

- 1) En este motor se adiciona un condensador de marcha de 20µf.
 2) En este motor se adiciona un condensador de marcha de 40µf.

- 3) En este motor se adiciona un condensador de marcha de 10µf.

Dimensiones generales (en milímetros)

Tipo 1RF3	Potencia HP	L	p	v	Peso (Kg)
092-4	1/3	242	66	116	8.04
093-4	1/2	242	66	116	9.40
094-4	3/4	268	73	125	10.90
095-4	1.0	268	73	125	12.50
096-4	1.5	293	66	125	16.90
097-4	2.0	293	73	125	18.70

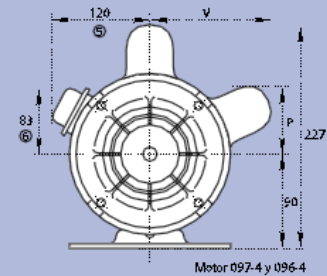
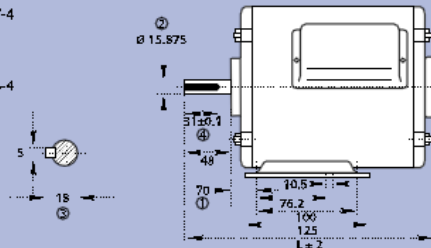
Notas:

Para el motor tipo 097-4

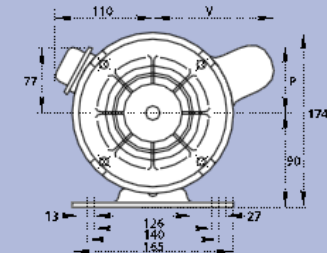
- ① 70 ③ 25
 ② 22 ④ 35

Para el motor tipo 096-4

- ① 70 ⑥ 77
 ⑤ 110 ⑦ 215



Motor 097-4 y 096-4



ANEXO D. MATERIAL AISI 1045.

AISI 1045 Steel, hot rolled, 19-32 mm (0.75-1.25 in) round

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Carbon Steel](#); [AISI 1000 Series Steel](#); [Medium Carbon Steel](#)

Material Notes: Medium-carbon steel, can be hammer forged. Can be heat treated, flame or induction hardened, but not recommended for carburizing or cyaniding. AISI cross reference for JIS S45C and KS SM45C.

Key Words: AFNOR NF A35-553 XC45, AFNOR NF A35-554 XC48, DIN 1654 1.1192, DIN 1654 Cq45, DIN 17200 1.0503, AFNOR XC42, AFNOR XC42TS, AFNOR XC48TS, AFNOR NF A33-101 AF65C45, AFNOR NF A35-552 XC48H1, UNS G10450, ASTM A29, ASTM A108, ASTM A266 Class 3, ASTM A304, ASTM A311, ASTM A510, ASTM A519, AS 1442 K1045 (Australia), AS 1442 S1045, AS 1443 K1045, AS 1446 K1045, AS 1446 S1045, AS 1446 K1045, AS 1446 S1045, ASTM A568, ASTM A576, ASTM A682, ASTM A827, ASTM A830, FED QQ-S-635, FED QQ-S-700, FED QQ-W461, MIL S-24093, ML S-3039, BDS 6354 45G2A, BDS 6354 45G2K2, BDS 6354 45G2K3, GB 3078 45 (China), GB 3088 45, GB 699 45, YB 6 45B, carbon steels, die forging, hot upsetting, gears, crankshafts, shafts, axles, bolts, studs, and machine parts, DIN 17200 1.1191, DIN 17200 1.1201, DIN 17200 C45, DIN 17200 CK45, DIN 17200 Cm45, DIN 17200 GS-CK45, DIN 17212 1.1193, FED QQ-S-635 (C1045), FED QQ-S-700 (C1045), SAE J403, SAE J412, SAE J414, DIN 1.1191, JIS S 45 C, JIS S 48 C, SS14 1672 (Sweden), MIL S-46070, SAE J1397, SAE J403, SAE J412, BS 970 Part 1 C60A47 (U.K.), BS 970 Part 1 080A47, BS 970 Part 1 080M46, NBN 253-02 C45-3, NBN 253-06 C46, BDS 3492 45L1 (Bulgaria), BDS 3492 45LII, BDS 3492 45LI, BDS 5785 45, BDS 6354 45G2, ONORM M3108 C45SW (Austria), ONORM M3110 RC45, ONORM M3161 C45, NBN 253-02 C45-1 (Belgium), NBN 253-02 C45-2

Vendors: [Click here to view all available suppliers for this material.](#)

Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

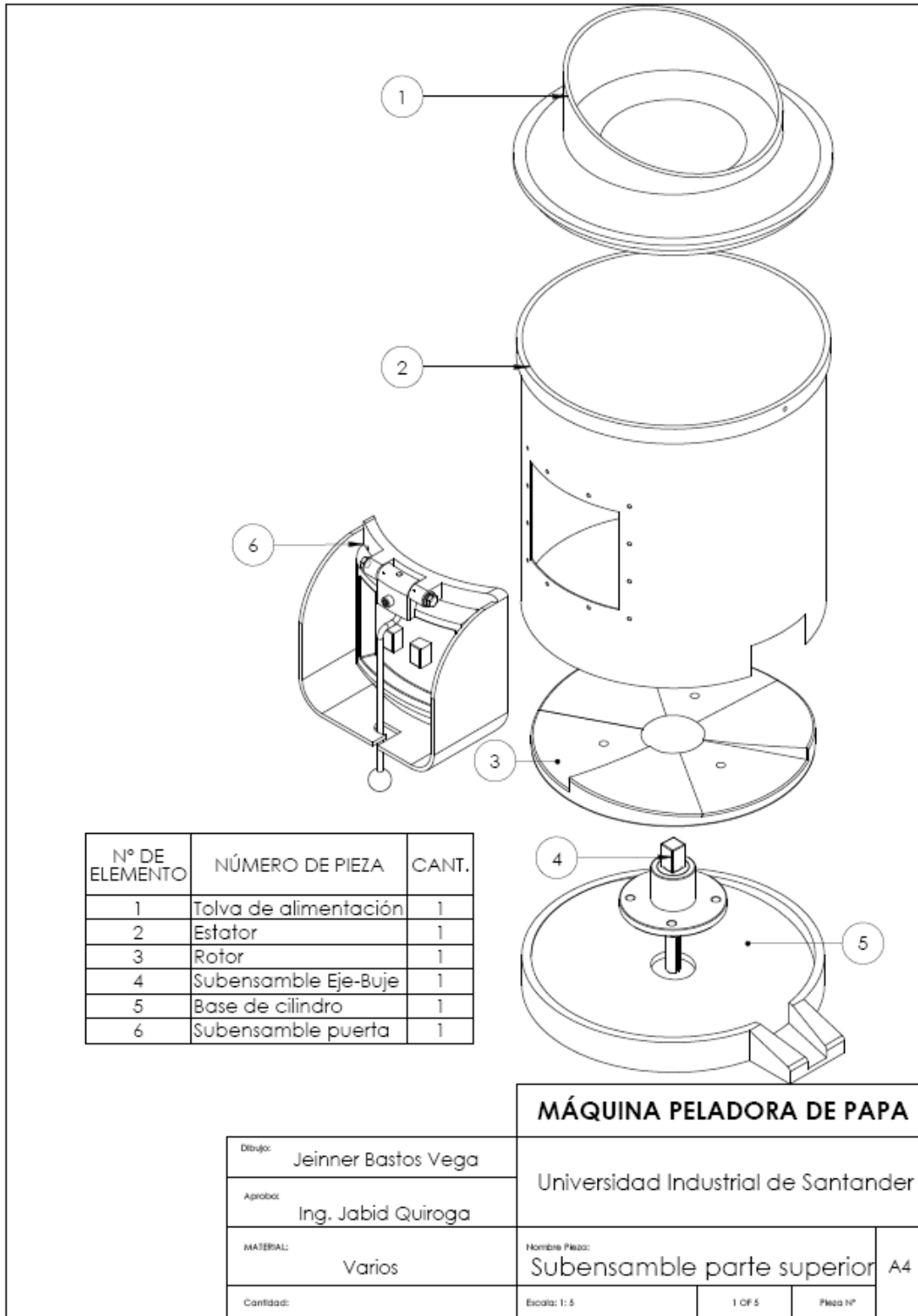
Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in ³	Typical for steel.

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	163	163	
Hardness, Knoop	184	184	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Rockwell B	84	84	Converted from Brinell hardness.
Hardness, Vickers	170	170	Converted from Brinell hardness.
Tensile Strength, Ultimate	565 MPa	81900 psi	
Tensile Strength, Yield	310 MPa	45000 psi	
Elongation at Break	16.0 %	16.0 %	in 50 mm
Reduction of Area	40.0 %	40.0 %	
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	140 GPa	20300 ksi	Typical for steel.
Poissons Ratio	0.290		Typical For Steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel

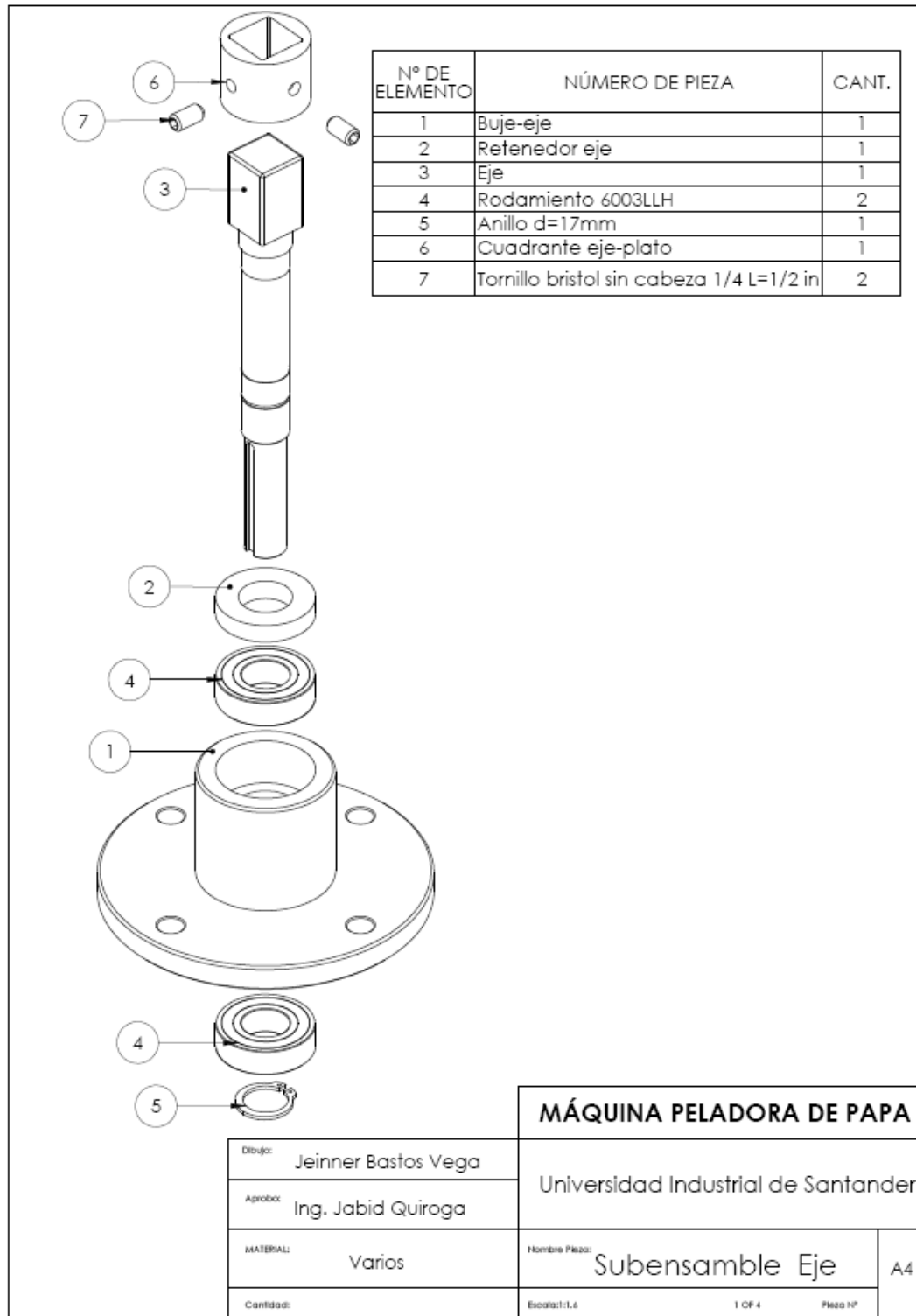
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.000162 ohm-cm	0.000162 ohm-cm	annealed specimen; 0 °C (32 °F)
	0.000223 ohm-cm @ Temperature 100 °C	0.000223 ohm-cm @ Temperature 212 °F	annealed specimen

Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	11.2 µm/m-°C @ Temperature 25.0 - 100 °C	6.22 µin/in-°F @ Temperature 77.0 - 212 °F	
	11.5 µm/m-°C @ Temperature 0.000 - 100 °C	6.39 µin/in-°F @ Temperature 32.0 - 212 °F	
	11.9 µm/m-°C @ Temperature 25.0 - 200 °C	6.61 µin/in-°F @ Temperature 77.0 - 392 °F	
	12.2 µm/m-°C @ Temperature 0.000 - 200 °C	6.78 µin/in-°F @ Temperature 32.0 - 392 °F	
	12.6 µm/m-°C @ Temperature 25.0 - 300 °C	7.00 µin/in-°F @ Temperature 77.0 - 572 °F	
	13.0 µm/m-°C @ Temperature 0.000 - 300 °C	7.22 µin/in-°F @ Temperature 32.0 - 572 °F	
	13.5 µm/m-°C @ Temperature 25.0 - 400 °C	7.50 µin/in-°F @ Temperature 77.0 - 752 °F	
	13.7 µm/m-°C @ Temperature 0.000 - 400 °C	7.61 µin/in-°F @ Temperature 32.0 - 752 °F	
	14.0 µm/m-°C @ Temperature 0.000 - 500 °C	7.78 µin/in-°F @ Temperature 32.0 - 932 °F	
	14.0 µm/m-°C @ Temperature 25.0 - 500 °C	7.78 µin/in-°F @ Temperature 77.0 - 932 °F	
	14.4 µm/m-°C @ Temperature 25.0 - 600 °C	8.00 µin/in-°F @ Temperature 77.0 - 1110 °F	
	14.6 µm/m-°C @ Temperature 0.000 - 600 °C	8.11 µin/in-°F @ Temperature 32.0 - 1110 °F	
	14.8 µm/m-°C @ Temperature 25.0 - 700 °C	8.22 µin/in-°F @ Temperature 77.0 - 1290 °F	
	15.1 µm/m-°C @ Temperature 0.000 - 700 °C	8.39 µin/in-°F @ Temperature 32.0 - 1290 °F	
	Specific Heat Capacity	0.486 J/g-°C	0.116 BTU/lb-°F

ANEXO F.
PLANOS



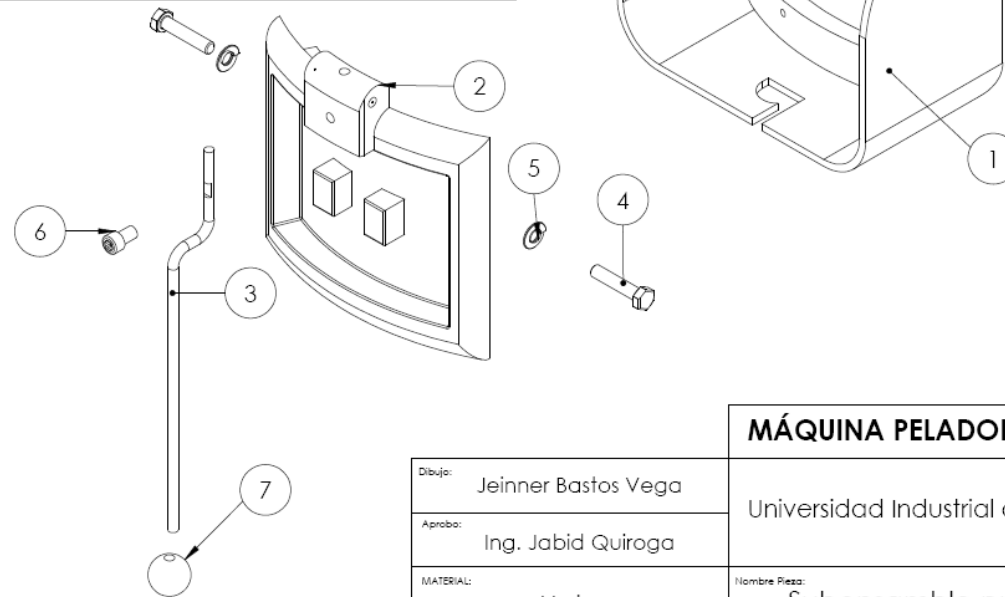
[Subensamble parte superior.](#)



MÁQUINA PELADORA DE PAPA	
Dibujo: Jeinner Bastos Vega	Universidad Industrial de Santander
Aprobó: Ing. Jabid Quiroga	
MATERIAL: Varios	Nombre Pieza: Subensamble Eje
Cantidad:	Escala: 1:1.6 1 OF 4 Pieza Nº

[Subensamble eje.](#)

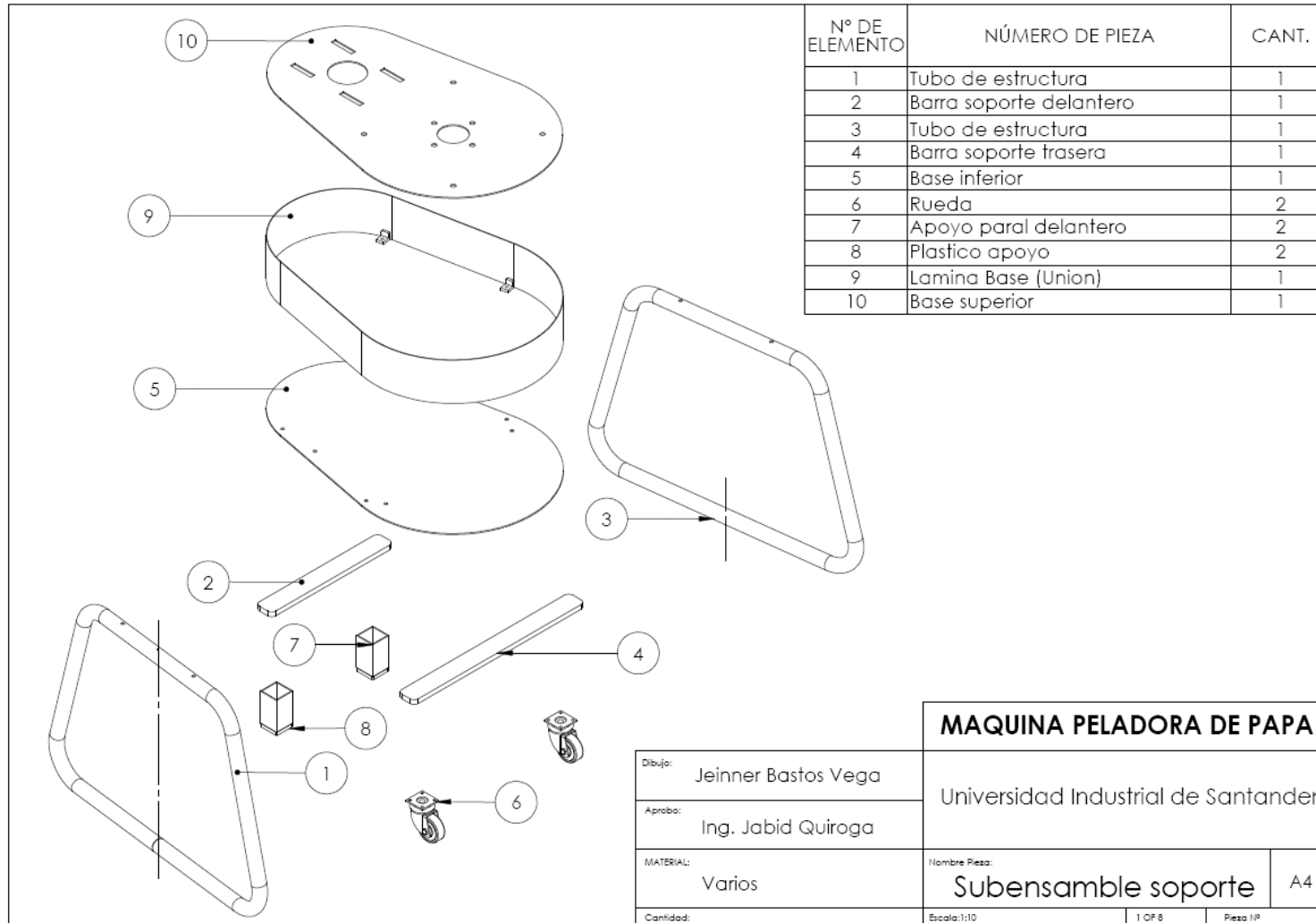
Nº DE ELEMENTO	NÚMERO DE PIEZA	MATERIAL	CANT.
1	Compuerta	Fundicion Aluminio	1
2	Puerta	Fundición de aluminio	1
3	Manivela puerta	Acero inoxidable	1
4	Tornillo_5_16x1_1_2		2
5	Arandela de presión		2
6	Tornillo_5_16_bristol		1
7	Esfera de barra	Plastico	1



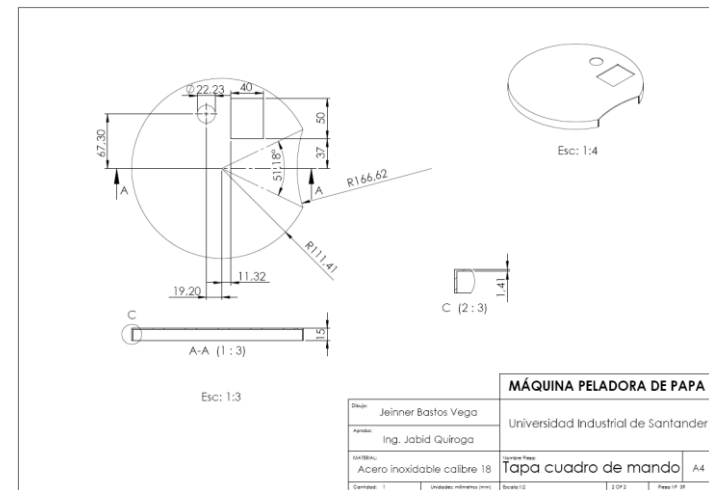
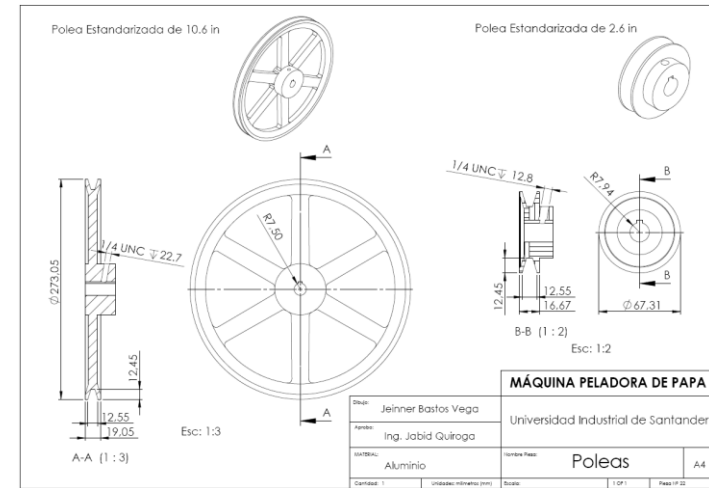
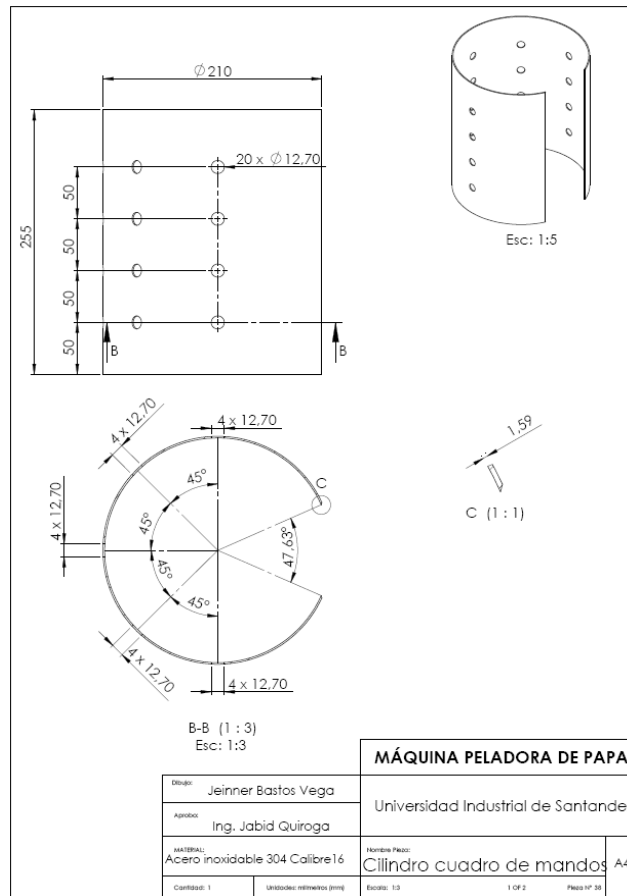
MÁQUINA PELADORA DE PAPA

Dibuja:	Jeinner Bastos Vega	Universidad Industrial de Santander	
Aproba:	Ing. Jabid Quiroga		
MATERIAL:	Varios	Nombre Pieza:	Subensamble puerta. A4
Cantidad:		Escala: 1:2	1 OF 4 Pieza 1/P

Subensamble puerta.



Subensamble soporte.



Otros elementos de máquina.