

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA POLITÈCNICA SUPERIOR DE ALCOY



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

CAMPUS D'ALCOI

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**“Estudio técnico-económico de desarrollo de pellets a partir de
residuos de cultivo de cebolla”**

Autor:

D. David Castellano García

Dirigido por:

D. Vicent Fombuena Borràs

D. Octavio Fenollar Gimeno

22 Febrero 2018

Resumen

“Estudio técnico-económico de desarrollo de pellets a partir de residuos de cultivo de cebolla”

El proyecto surge por la necesidad de reaprovechar los residuos de piel de cebolla, presentes en gran volumen en los municipios del Camp de Turia, ya que en estos existe multitud de almacenes que trabajan con esta hortaliza. El elevado volumen anual de residuos provoca problemas medioambientales, paisajísticos, económicos y de gestión.

Con la reutilización de este residuo, no solo limpiaremos las calles de estos municipios y acabaremos con esta problemática, sino que aprovecharemos estos para transformarlos en forma de pellet y a su vez convertirlos en forma de calor, ya sea para calentar hogares, grandes espacios, piscinas climatizadas e infinidad de lugares cerrados. También contribuimos aumentando el uso de energías renovables ya que, en España, actualmente, más del 80% del abastecimiento energético proviene de energías fósiles, un 13% de energía nuclear, y alrededor del 6% de Energías Renovables. Este 94% no renovable conlleva importantes implicaciones medioambientales y una fuerte dependencia del abastecimiento exterior.

Finalmente haremos el diseño de una máquina trituradora para este material, ya que las existentes para la fabricación de pellets, constan de voluminosas, costosas y pesadas máquinas para la trituración de troncos de madera. Para nuestro producto base, nos basta con una máquina mucho menos potente, pesada y costosa, ahorrándonos así unos miles de euros en la compra, en la factura de la luz y reparaciones.



Summary

"Technical-economic study of pellet development from onion crop residues"

The project arises from the need of reuse waste onion skin, present in large volume in the municipalities of the Camp de Turia. In these area there are many stores that work with this vegetable. The high annual volume of waste causes environmental, landscape, economic and management problems.

With the reuse of this waste, we won't only clean the streets of these municipalities, we also will end this problem and we will use them to transform them into pellets and turn them into heat, either to heat homes, large spaces, heated swimming pools and infinity of closed places. We also contribute to increasing the use of renewable energies in Spain.

Actually, more than 80% of the energy supply comes from fossil fuels, 13% from nuclear energy, and around 6% from Renewable Energies. This 94% non-renewable has important environmental implications and a heavy dependence on external supply.

Finally we will design a crushing machine for this material, since the existing ones for the manufacture of pellets, consist of voluminous, expensive and heavy machines for the crushing of wood logs. In our base product, we need a much less powerful, heavy and expensive machine, saving us thousands of euros in the purchase, the electricity bill and repairs.



Resum

"Estudi tecnic-econòmic de desenrotllament de pellets a partir de residus de cultiu de pell de ceba"

El projecte sorgix per la necessitat de reaprofitar els residus de la pell de ceba, presents en gran volum en els municipis del Camp de Turia, ja que en estos hi ha multitud de magatzems que treballen amb aquesta hortalissa. L'elevat volum anual de residus, provoca problemes mediambientals, paisatgístics, econòmics i de gestió.

Amb la reutilització d'aquest residu, no sols netejarem els carrers d'estos municipis i acabarem amb esta problemàtica, sinó que aprofitarem estos per a transformar-los en forma de pellet i al seu torn convertir-los en forma de calor, ja siga per a escalfar llars, grans espais, piscines climatitzades i infinitat de llocs tancats. També contribuïm augmentant l'ús d'energies renovables ja que a Espanya actualment, més del 80% de l'abastiment energètic prové d'energies fòssils, un 13% d'energia nuclear, i al voltant del 6% d'Energies Renovables. Este 94% no renovable comporta importants implicacions mediambientals i una forta dependència de l'abastiment exterior.

També farem el disseny d'una màquina trituradora per a aquest material, ja que les existents per a la fabricació de pellets, consten de voluminoses, costoses i pesades màquines per a la trituració de troncs de fusta. Per al nostre producte base, ens es suficient amb una màquina molt menys potent, pesada i costosa, estalviant-nos així uns milers d'euros en la compra, en la factura de la llum i reparacions.



Contenido Imágenes

Imagen 1	Procesos de fabricación de pellets	16
Imagen 2	Piel de cebolla	16
Imagen 3	Pellets de cebolla	16
Imagen 4	Pellets en combustión	16
Imagen 5	Transporte de madera.....	17
Imagen 6	Transporte de piel de cebolla.....	17
Imagen 7	Proceso de trituración.....	17
Imagen 8	Proceso de molido	17
Imagen 9	Proceso de secado.....	18
Imagen 10	Madera secándose al aire libre	18
Imagen 11	Piel secándose al aire libre	18
Imagen 12	Proceso de extrusionado	19
Imagen 13	Pellet en extrusión	19
Imagen 14	Proceso de enfriado.....	20
Imagen 15	Máquina enfriadora	20
Imagen 16	Saco de 15kg de pellet.....	20
Imagen 17	Big-Bag de pellet.....	20
Imagen 18	Triturador de mandíbula.....	21
Imagen 19	Triturador de cono	21
Imagen 20	Triturador de impacto	21
Imagen 21	Triturador de mandíbula.....	22
Imagen 22	Triturador de cono	23
Imagen 23	Triturador de impacto	24
Imagen 24	Desbrozadora	25
Imagen 25	Montones de piel de cebolla para ser pelletizado	26
Imagen 26	Mapa aéreo de la Poble de Vallbona	27
Imagen 27	Dimensiones de la nave.....	28
Imagen 28	Dimensiones de la nave.....	28
Imagen 29	Imagen aérea de la nave	29

Imagen 30	Fotografias a escasos metros de un almacén de cebollas	30
Imagen 31	Fotografia a mas de 500m de cualquier almacén de cebollas	30
Imagen 32	Camión tráiler	31
Imagen 33	Camión con bañera	31
Imagen 34	Prensa de cartón	32
Imagen 35	Material prensado	32
Imagen 36	Retirada de material.....	32
Imagen 37	Trituradora vista frontal.....	32
Imagen 38	Trituradora vista trasera.....	32
Imagen 39	Eje de la máquina	33
Imagen 40	Cuchilla de corte.....	33
Imagen 41	Cuerpo de la cuchilla	33
Imagen 42	Cuerpo del triturador	34
Imagen 43	Tamiz.....	34
Imagen 44	Bancada.....	34
Imagen 45	Rodamiento	34
Imagen 46	Correa trapezoidal.....	35
Imagen 47	Polea dentada.....	35
Imagen 48	Conjunto polea-dentada.....	35
Imagen 49	Triturador Farmer	40
Imagen 50	Imagen conjunto cuchilla y características del conjunto	41
Imagen 51	Peso piel de cebolla	42
Imagen 52	Dimensiones piel de cebolla	43
Imagen 53	Motor trifásico.....	55
Imagen 54	Piel de naranja.....	65
Imagen 55	Toneladas de piel de naranja tirada.....	65
Imagen 56	Carbón activo	66
Imagen 57	Filtros de carbón activo	66
Imagen 58	Cuerpo base.....	67
Imagen 59	Radial	67

Imagen 60	Cuerpo cortado	67
Imagen 61	Centro CNC.....	67
Imagen 62	Cuerpo mecanizado	67
Imagen 63	Detalle del mecanizado	67
Imagen 64	Fresa	68
Imagen 65	Cuerpo taladrado	68
Imagen 66	Fresa y taladro en su porta	68
Imagen 67	Marcado corte	68
Imagen 68	Corte por láser	68
Imagen 69	Pieza cortada	68
Imagen 70	Marcado corte	69
Imagen 71	Pieza cortada	69
Imagen 72	Cortadora láser 3D	69
Imagen 73	Cortadora láser	69
Imagen 74	Cuerpo dentado.....	70
Imagen 75	Cuerpo dentado marcado	70
Imagen 76	Pieza cortada	70
Imagen 77	Fresa multiplaqueta	70
Imagen 78	Dentado finalizado.....	70
Imagen 79	Detalle Rebaje.....	70
Imagen 80	Cuerpo eje comercial.....	71
Imagen 81	Torno	71
Imagen 82	1º alojamiento con el torno	71
Imagen 83	2º alojamiento con el torno	71
Imagen 84	Rebaje para extractor	71
Imagen 85	Extractor.....	71
Imagen 86	Barra de acero	72
Imagen 87	Rebaje apoyo polea	72
Imagen 88	Taladro	72
Imagen 89	Eje finalizado.....	72

Imagen 90	Barra de acero	73
Imagen 91	Taladro central	73
Imagen 92	Brochadoras.....	73
Imagen 93	Chaveteras realizadas	73
Imagen 94	Ranuras para las aletas	73
Imagen 95	Barra de acero de 1200mm	74
Imagen 96	Barra de acero dividida en cortes.....	74
Imagen 97	Aleta cortada	74
Imagen 98	Aleta taladrada y avellanada.....	74
Imagen 99	Cuerpo soldado a cuchillas	75
Imagen 100	Soldadura laser	75
Imagen 101	Barra de aluminio de 1200mm	75
Imagen 102	Barra de aluminio dividida en cortes	75
Imagen 103	Cuchilla cortada.....	75
Imagen 104	Cuchilla taladrada	75
Imagen 105	Tubo base entrada material	76
Imagen 106	Sierra de corte	76
Imagen 107	Tubo cortado	76
Imagen 108	1ª parte del tubo.....	76
Imagen 109	2ª parte del tubo.....	76
Imagen 110	Conjunto de entrada de material	76
Imagen 111	Placa soporte motor	77
Imagen 112	Placa soldada a la bancada.....	77
Imagen 113	Conjunto tensado	77
Imagen 114	Conjunto destensado con correa soltada	77
Imagen 115	Tubo base.....	78
Imagen 116	Soldadura con TIG	78
Imagen 117	Bancada finalizada	78
Imagen 118	Secado UV y aire caliente por pellet.....	77
Imagen 119	Pelletizadora 450kg/h	77



Imagen 120	Enfriador hasta 2000kg/h	77
Imagen 121	Cinta transportadora.....	78
Imagen 122	Ensambladora automática.....	78
Imagen 123	Carretilla todoterreno hasta 2000kg	78

Contenido Tablas

Tabla 1	Subproductos de industria en un radio de 10 km ²	37
Tabla 2	Subproductos de industria en un radio de 50 km ²	38
Tabla 3	Dimensiones estandarizadas de las chaveteras.....	44
Tabla 4	Diámetro de la polea seleccionada	46
Tabla 5	Secciones y dimensiones de la correa	48
Tabla 6	Secciones y dimensiones de la correa	48
Tabla 7	Secciones y dimensiones de la correa	48
Tabla 8	Peso componentes de la máquina	50
Tabla 9	Características diferentes rodamientos SKF	50
Tabla 10	Características rodamiento 6005-2RSH	51
Tabla 11	Características motor trifásico jaula de ardilla	55
Tabla 12	Características de los aceros inoxidable mas comunes.....	60
Tabla 13	Propiedades mecánicas aceros inoxidable mas comunes	61
Tabla 14	Tipos de aluminio existentes	63
Tabla 15	Propiedades aluminio Serie 2.....	63
Tabla 16	Coste de los materiales.....	80
Tabla 17	Tiempo de fabricación.....	81
Tabla 18	Coste de fabricación.....	81
Tabla 19	Coste de ensamblaje	83
Tabla 20	Costes totales de la trituradora	83
Tabla 21	Coste de las máquinas.....	84
Tabla 22	Costes eléctricos	86
Tabla 23	Costes en salarios	87
Tabla 24	Costes en otros gastos	87
Tabla 25	Costes totales al mes.....	88
Tabla 26	Beneficio al mes.....	88
Tabla 27	Beneficio neto al mes	88
Tabla 28	Características de diferentes combustibles	90



Contenido Gráficos

1	Gráfico 1 Subproductos de industria en un radio de 10 km ²	37
2	Gráfico 2 Subproductos de industria en un radio de 50 km ²	38
3	Gráfico 3 Características diferentes poleas dentadas	45
4	Gráfico 4 Gráfico anchura diferentes correas	47
5	Gráfico 5 Curva Tensión-Deformación del acero inoxidable.....	62
6	Gráfico 6 Procesos de la producción de la máquina.....	82
7	Gráfico 7 Procesos del montaje de la máquina.....	83

Contenido

Resumen.....	2
Summary	4
Resum.....	6
Contenido Imágenes.....	8
Contenido Tablas.....	13
Contenido Gráficos.....	14
1 Introducción	17
1.1 Antecedentes.....	17
1.1.1 Proceso de fabricación de pellets.....	17
1.1.2 Tipos y características de las trituradoras.....	22
2 Objeto del proyecto:	27
2.1 Localización geográfica.....	28
2.2 N° de unidades a fabricar	30
2.3 Alcance técnico.....	31
2.3.1 Análisis problemática medioambiental.....	31
2.3.2 Recogida de residuos	32
2.3.3 Diseño de la máquina.....	33
3 Requisitos de diseño.....	37
3.1 Bases y datos de partida establecidos	37
3.2 Estudios realizados	37
4 Cálculos para el diseño de la máquina.....	40
4.1 Capacidad de molienda de la máquina	40
4.2 Dimensiones de la máquina	41
4.3 Cálculo de Energía potencial.....	42
4.4 Cálculo de velocidades tangenciales del martillo	43
4.5 Cálculo de Rpm.....	43
4.6 Elección del tipo de motor	44
4.7 Elección de la chaveta.....	45
4.8 Elección del tipo de transmisión.....	46

4.8.1	Elección de la polea conductora	46
4.8.2	Elección de la polea conducida.....	47
4.8.3	Elección de la correa	48
4.9	Elección del tipo de rodamiento	50
5	Los interfaces con otros sistemas y elementos externos al proyecto.....	53
5.1	Formulación del problema de forma amplia y detallada.....	53
5.1.1	Entrada estado inicial.....	53
5.1.2	Salida estado final.....	54
5.1.3	Restricciones	55
5.1.4	Criterios.....	59
5.1.5	Las variables de solución.....	61
5.1.6	Costes de mano de obra.....	68
6	Resultados finales	80
7	Estudio económico	81
7.1	Coste total de la máquina	81
7.1.1	Coste de los materiales.....	82
7.1.2	Costes de fabricación.....	83
7.1.3	Coste ensamblaje de la máquina	85
7.1.4	Costes totales de la trituradora.....	85
7.1.5	Inversiones en otras máquinas	86
7.1.6	Costes fijos	88
8	Análisis soluciones	92
8.1	Capacidad productiva.....	92
8.2	Comercialización del producto.....	92
8.3	Ventajas respecto otros combustibles	93
8.4	Comparación pellet con el gasóleo.....	93
9	Conclusiones	94
10	Bibliografía.....	95

1 Introducción

1.1 Antecedentes

1.1.1 Proceso de fabricación de pellets

El proceso de fabricación de pellets usados como combustible para calderas y estufas de biomasa se basa en someter la biomasa de partida a altas presiones forzándola a pasar por un orificio redondo llamado troquel. Cuando se dan las condiciones adecuadas, la biomasa se “fusiona”, formando una masa sólida. Este proceso se denomina extrusión. Ciertas clases de biomasa (sobre todo la madera) producen pellets de muy alta calidad de forma natural, mientras que otros necesitan aditivos externos que actúen como “aglomerante” para que el pellet no se disgregue. Sin embargo, la extrusión en la fabricación de pellets es sólo un paso de los muchos que conlleva el proceso al completo. Entre ellos, hay un molido del material, control de temperatura, extrusión, enfriado y envasado. Cada una de estas etapas hay que realizarla con cuidado y siguiendo unos estándares de calidad, para que el producto final ofrezca todas las garantías.

Vamos a ver el proceso de fabricación de pellets más en detalle:

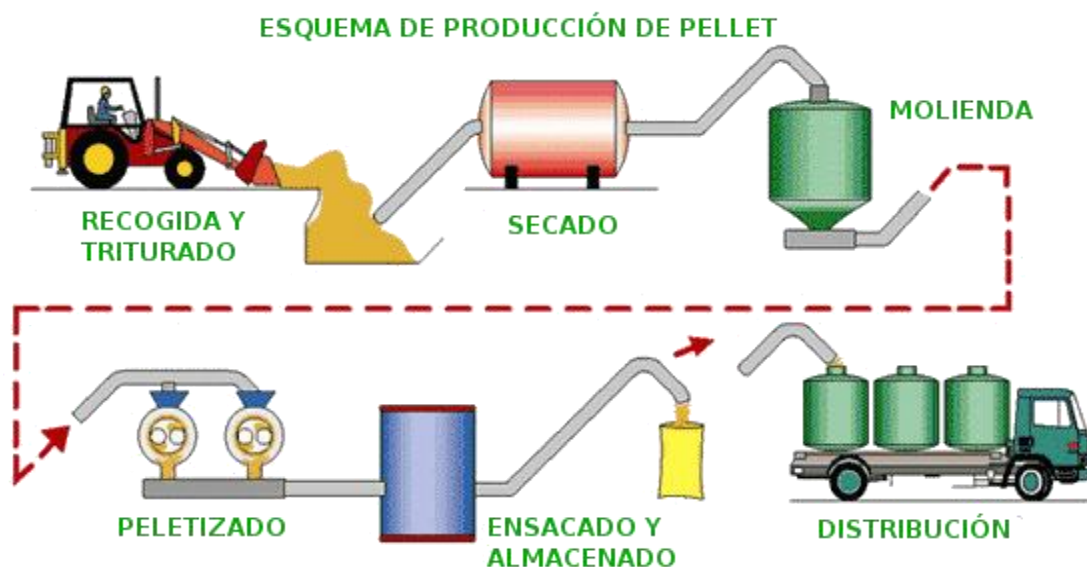


Imagen 1: Proceso de fabricación de pellets



Imagen 2: Piel de cebolla



Imagen 3: Pellets de cebolla



Imagen 4: Pellets en combustión

- **Recepción de las materias primas**

Los pellets se fabrican a partir de materias primas de origen orgánico, generalmente residuos y/o subproductos agroforestales y sobretodo de la industria maderera. En estas últimas se generan grandes cantidades de serrín limpio y pequeños bloques y astillas de madera en su proceso productivo. Estos son la fuente ideal para la producción de pellets. Sin embargo, debido a la mayor demanda de pellets por el mercado, algunas fábricas están fabricándolos directamente con árboles maderables.

En nuestro caso el pellet también lo confeccionaremos en su totalidad de origen orgánico, pero no de la industria maderera sino única y exclusivamente de residuos de cultivo de cebolla.



Imagen 5: Transporte de madera



Imagen 6: Transporte de piel de cebolla

- **Molido**

Los pellets estándar generalmente requieren que la biomasa que los compone tenga un tamaño de partícula de alrededor de 3 mm. Para ello, las materias de partida tienen que ser molidas. Dependiendo de la clase, se usan distintos tipos de maquinaria. Si la biomasa es grande y densa, como la madera, primero pasa por una trituradora y luego por un molino que reduce el tamaño de las partículas al deseado. El material menos denso y pequeño, como por ejemplo la paja, puede pasar directamente al molino.

Nosotros al ser un material tan endeble y con muy poca densidad, al igual que en el ejemplo de la paja, este pasará directamente al molido o triturado fino.



Imagen 7: Proceso de trituración



Imagen 8: Proceso de molido

- **Control de humedad**

El control de la humedad es vital para asegurar la calidad final de los pellets producidos. La humedad en la materia prima si ésta es madera debe estar alrededor del 15%. Otros tipos de biomasa tienen otros requerimientos. La humedad puede reducirse mediante secado o insuflando aire caliente a los materiales. Pero tampoco hay que pasarse: si la humedad se hace muy baja, se puede inyectar vapor o agua en los lotes de materias primas.

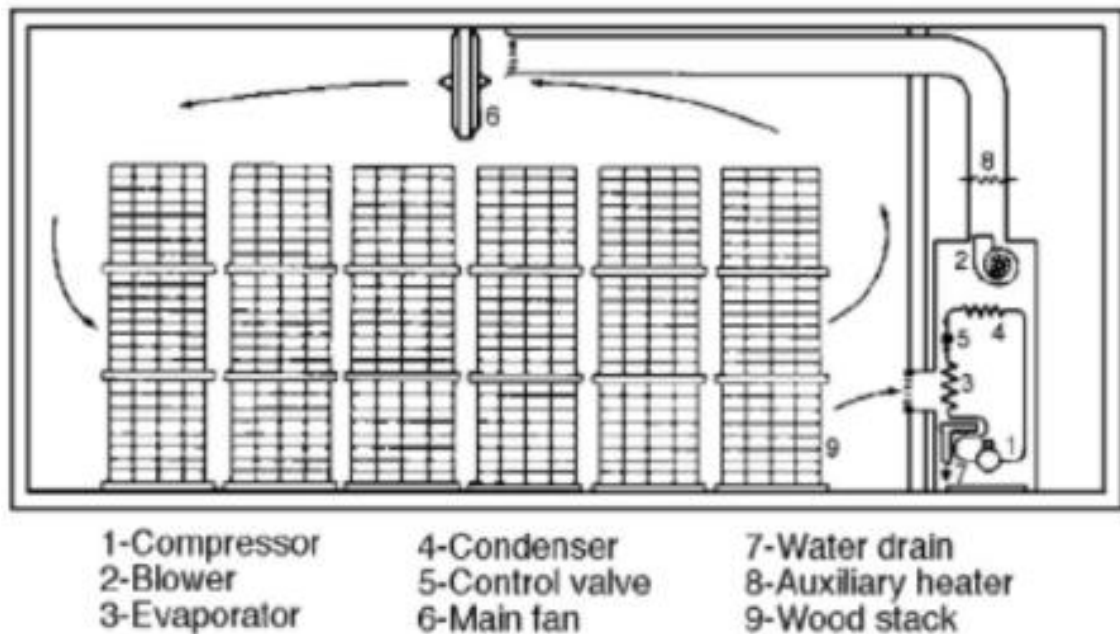


Imagen 9: Proceso de secado

En el caso de la piel de la cebolla, el nivel de humedad de esta está en torno al 12%, pero al ser un material tan poco denso y fino en los días de mucho calor puede secarse al aire libre sin necesidad de secadores, aunque en caso de días de lluvia o gran humedad, deberemos ayudarnos de secadores, para obtener este nivel de humedad rápidamente.



Imagen 10: Madera secándose al aire libre



Imagen 11: Piel secándose al aire libre

- **Extrusió**

Es el proceso en concreto donde se crea el pellet. El material se introduce en una máquina de extrusión que lo comprime a la vez que lo hace pasar por una boquilla agujereada o troquel. Debido a las altas presiones y temperaturas alcanzadas, las partículas de la biomasa se fusionan en una masa sólida en forma de cilindro. Según salen por los troqueles, una cuchilla corta los cilindros al tamaño deseado. Dependiendo de la biomasa empleada, ésta fusionará mejor o peor. El serrín se adapta de forma ideal para este proceso puesto que la lignina de la madera actúa como un pegamento natural que mantiene el pellet compacto. En cambio, cuando se usa hierbas o pajas, los pellets resultantes son menos densos y se tienden a romper mucho más. Por ello, se hacen combinaciones de materias primas y se ajustan las condiciones de funcionamiento de las máquinas con el fin de que los pellets sean lo más uniformes posibles. En otros casos, también se añaden aglomerantes para evitar la disgregación.

En este apartado, el modo de extrusión es el mismo utilizado que en madera, la piel de la cebolla al tener alto contenido en lignina (sobre todo en las capas más superficiales) no necesita de aglomerantes externos.

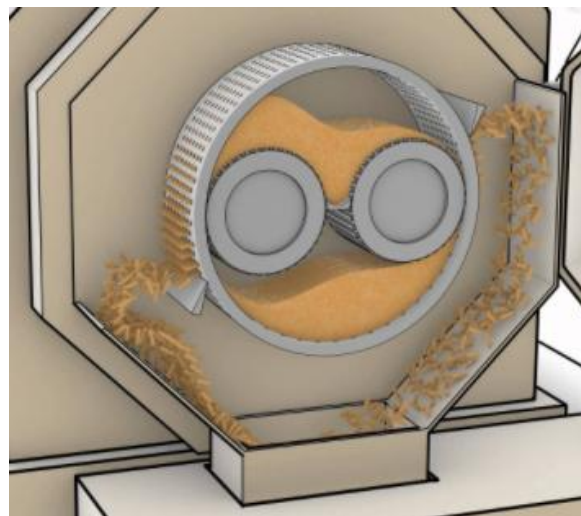


Imagen 12: Proceso de extrusionado



Imagen 13: Pellet en extrusión

- **Acondicionamiento**

Los pellets recién salidos del extrusionado, están muy calientes y pueden alcanzar temperaturas de hasta 150°C. Además, están muy blandos. Por ello, se enfrían a la vez que se van secando mediante acción de una corriente de aire a medida que llegan a una bandeja receptora. El contenido final de los pellets no debe ser superior al 8%.

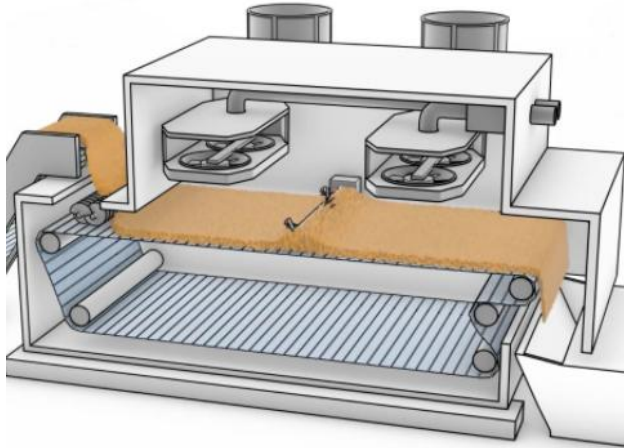


Imagen 14: Proceso de enfriado



Imagen 15: Máquina enfriadora

- **Empacado**

Los pellets ya fríos y con bajo contenido en humedad se envasan en bolsas de diferente capacidad o se almacenan para ser vendidos a granel. Mientras las condiciones de almacenamiento sean buenas y la humedad se mantenga controlada, pueden permanecer almacenados indefinidamente sin que sufran deterioro.



Imagen 16: Saco de 15kg de pellet



Imagen 17: Big-Bag de pellet

1.1.2 Tipos y características de las trituradoras

Una trituradora, es una máquina que procesa un material, transformando este en trozos de un tamaño menor al tamaño original. Diseñado para disminuir el tamaño de los objetos mediante el uso de la fuerza, para romper y reducir el objeto en una serie de piezas de volumen más pequeñas o compactas.

Si se trata de una máquina agrícola, tritura, machaca y prensa las hierbas, plantas y ramas que se recogen en el campo. También se puede emplear para extraer alguna sustancia de los frutos o productos agrícolas, rompiendo y prensándolos.

Algunas de las trituradoras más empleadas son:

- Trituradora de mandíbula o chancadora general.
- Trituradora de cono.
 - Trituradora de cono resorte.
 - Trituradora de cono hidráulica.
- Trituradora de impacto o chancadora de tipo europeo.
 - Trituradora de impacto hidráulica.
 - Trituradora de impacto de eje vertical.
 - Trituradora de impacto de eje vertical con cámara profunda.
 - Trituradora o chancadora primaria de impacto.
- Trituradora desbrozadora.

Aunque estos son los principales modelos de trituradores, nosotros no utilizaremos la fuerza bruta como en los tres primeros, sino que utilizaremos el modelo de corte de la desbrozadora, aunque no el modelo a gran escala utilizado en tractores, sino el utilizado en jardinería aprovechando el corte por cuchillas, cortando el material mediante cuchillas giratorias.



Imagen 18: triturador mandíbula impacto



Imagen 19: triturador de cono



Imagen 20: triturador impacto

1.1.2.1 Trituradora de mandíbula

A la trituradora de mandíbula también se le conoce con el nombre de trituradora de quijada. Es una máquina utilizada en la trituración de primer nivel. Este tipo de trituración es una trituración gruesa y media y las partículas obtenidas no son tan finas como resultarían de otro proceso de trituración.

El campo que más utiliza a las trituradoras de mandíbulas es el de la producción mineral e industrial. Estos procesos requieren de una trituración media o gruesa y se aplica a materiales de hasta 320 MPa de compresión.

Por sus diferentes formas de triturar, la trituradora de mandíbula se puede ubicar en cualquiera de los siguientes modelos de oscilación:

- Oscilación sencilla
- Oscilación media
- Oscilación compleja

- **Funcionamiento de la trituradora de mandíbula**

La trituradora de mandíbula recibe su nombre del movimiento que realiza su placa de trituración, similar a una mandíbula al masticar.

El motor de la trituradora produce un movimiento oscilatorio en la placa de trituración, misma que está colocada de manera diagonal. El mineral es introducido por la parte superior de la trituradora, que tiene una cavidad amplia que se va reduciendo a medida que el mineral entra en la trituradora. El movimiento oscilatorio y la presión que la placa de trituración ejerce sobre los minerales al hacerlos chocar con la pared interna de la trituradora es lo que provoca que las piedras se fragmenten y se complete la trituración.

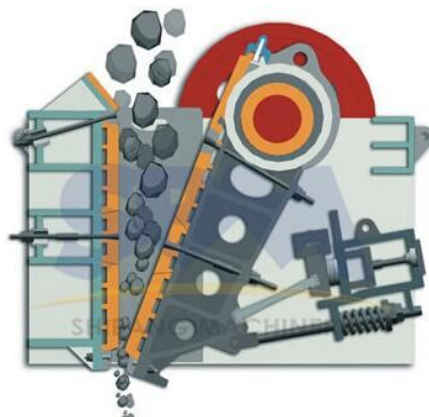


Imagen 21: triturador de mandíbula

1.1.2.2 Trituradora de cono de resorte

Se trata de un equipo de trituradora de segundo nivel o triturado fino. Dispone de un potente muelle, que no es sólo el dispositivo de seguridad, sino también la fuerza de aplastamiento de impacto. La forma de la cavidad de trituración es decidida por el uso del mineral.

La trituradora de cono de cabeza corta es adecuada para la molienda fina.

Material aplicable: Por encima de minerales de dureza media y rocas, como mineral de hierro, mineral de cobre, piedra caliza, granito, cuarzo, etc.

- **Funcionamiento de la trituradora de cono**

La trituradora de cono tritura materiales por la superficie entre el cono móvil y el cono fijo. Siendo así más avanzado y eficiente que la trituradora de mandíbula. El cono móvil está soportado por un cojinete esférico y fijado en un eje vertical colgante que se fija en el manguito excéntrico, y el manguito se fija en el cojinete de detención y empuje. El cono móvil y el eje erguido son accionados conjuntamente por el manguito excéntrico del eje. El manguito del árbol excéntrico es accionado por el eje horizontal y el engranaje de las fimbrias, y la rueda de la cinta transportadora es accionada por el motor a través de las correas trapezoidales. La parte inferior del eje vertical se instala en el manguito excéntrico. Cuando el manguito excéntrico gira, hay una superficie cónica alineada por el eje. Cuando el cono móvil se acerca al cono fijo, las piedras se trituran en trozos, cuando el cono móvil sale, los materiales triturados son descargados desde el orificio de descarga. El cono fijo puede ser ascendido o descendido ajustando el ajuste para ajustar el ancho del orificio de descarga, por lo que el tamaño de salida se determina ajustado.

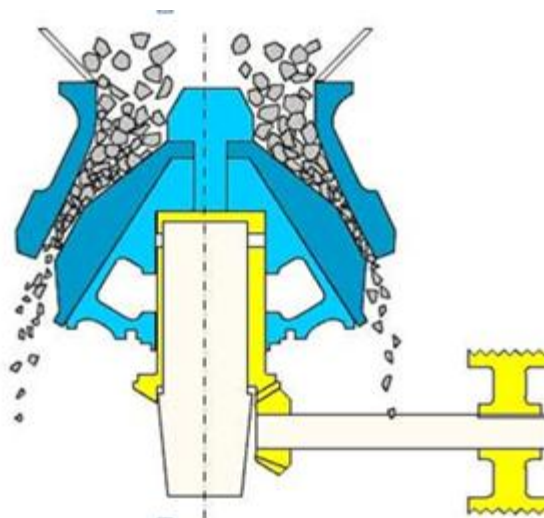


Imagen 22: triturador de cono

1.1.2.3 Trituradora de impacto

La trituradora de impacto se utiliza principalmente en la trituración de bloques grandes, medianos y materiales pequeños como roca o piedra.

Una variante de esta trituradora es la trituradora de impacto de tipo europeo la cual ofrece tecnología internacional.

- **Funcionamiento de la trituradora de impacto**

Esta trituradora de impacto es la máquina que rompe los materiales utilizando la energía del impacto. Cuando el material entra en la zona de la placa de martillo se tritura por el impacto el tablero de martillo de alta velocidad, después el resultado es arrojado al dispositivo de impacto instalado en la parte superior del rotor para romperse otra vez. Luego se recupera de la placa de revestimiento al activo distrito de placa de martillo para otra trituración. Este proceso se repite hasta que el material queda con el tamaño deseado y se descarga de la parte inferior de la máquina. Al ajustar el intervalo entre el sostén de impacto y armazón de rotor se puede llegar a cambiar el tamaño y la forma de partícula. Después de la placa de impacto se instala un dispositivo de seguridad de resorte, cuando un material no-roto entra en la cámara de trituración, se retiran el delantero y trasero plataforma de impacto, pues el material que no se rompe se salen de la máquina.

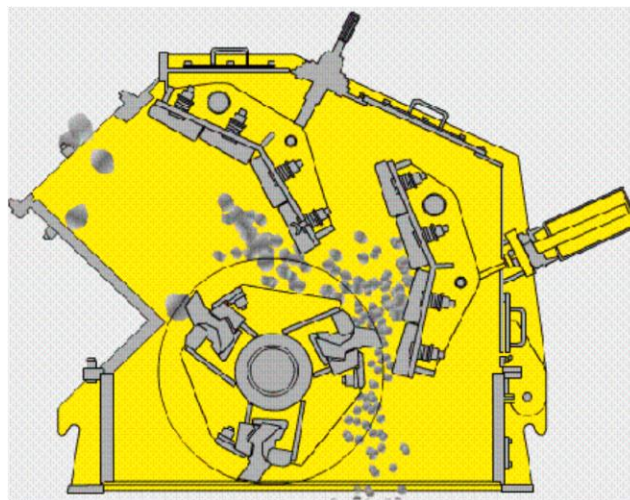


Imagen 23: triturador de impacto

1.1.2.4 Desbrozadora

La **desbrozadora**, es una máquina utilizada en jardinería para cortar las malas hierbas a ras de suelo y para reparar los lugares a los que un cortacésped no puede llegar, como las esquinas y los bordes, etc. El corte lo realiza con un hilo de nailon o cuchillas presentadas en discos.

- **Funcionamiento de la desbrozadora**

Las desbrozadoras funcionan con un motor que puede ser de combustión o eléctrico. Además, algunos tienen incluidos sistemas de anti-vibración para lograr un mejor control. El motor va conectado a una barra larga y delgada que termina en el sistema de corte. Las barras pueden ser rectas o curvas y están provistas de empuñaduras que pueden ser de tipo delta (una agarradera pequeña) o de doble manillar (se agarra con las dos manos para distribuir mejor el peso). Al final de la barra se encuentra un dispositivo de giro responsable del corte que puede ser un cabezal de polietileno o un ABS en el que se usa un hilo de nailon de diferente grosor. Para trabajos más pesados, se usan piezas de acero con diferentes formas, siendo las más comunes las de 3 o 4 puntas. Las desbrozadoras también pueden venir con arnés o mochila para asegurarla al cuerpo y facilitar su manipulación al repartir el peso.

Disponen de un acelerador que regula la velocidad de giro del cabezal.



Imagen 24: Desbrozadora

2 Objeto del proyecto:

El objetivo del presente proyecto es el diseño de una máquina para triturar piel de cebolla para la creación de pellets para combustión doméstica o industrial. El título del presente proyecto es: "Estudio técnico-económico de desarrollo de pellets a partir de residuos de cultivo de cebolla"



Imagen 25: Montones de piel de cebolla para ser pelletizada

El proyecto surge por la necesidad de reaprovechar los residuos de la piel de cebolla, presentes en gran volumen en los municipios del Camp de Turia, ya que en estos existe multitud de almacenes que trabajan con esta hortaliza. El elevado volumen anual de residuos, provoca problemas medioambientales, paisajísticos, económicos y de gestión, por tanto, la posible reutilización de este residuo como material de partida para la fabricación de pellet, trata de reducir esta problemática.

También haremos el diseño de una máquina trituradora para este material, ya que las existentes para la fabricación de pellets se trata de voluminosas, costosas y pesadas máquinas para la trituración de troncos madera y para nuestro producto base nos basta con una máquina mucho menos potente, pesada y costosa, ahorrándonos así unos miles de euros en la compra, en la factura de la luz y reparaciones.

2.1 Localización geográfica

El proyecto se establecería en el municipio de la Poble de Vallbona, sobre unos terrenos calificados urbanísticamente como 'urbana' en polígono industrial fuera del municipio.



Imagen 26: Mapa aéreo de la Poble de Vallbona

- Localización de la nave: Valencia, Polígono Mas de Tous, Camino Casablanca s/n; La Poble de Vallbona 46185.
- Latitud 39.599579, Longitud -0.544826

- **Características de la nave**

- Longitud de la nave: 60 m.
- Luz de la nave: 25 m.
- Altura de los pilares: 6 m.
- Separación entre pilares: 5 m.
- Separación máxima entre correas: 1,25 m.
- Espacio disponible dentro de la nave, $60 \times 25 = 1.500\text{m}^2$

Habrà un total de 13 pòrtics con cubierta POLIGONAL a dos aguas con una pendiente del 10 % y del 30 % respetivamente.

Las fachadas (pòrticos hastiales) estaràn formadas por pòrticos metàlicos constituidos por cuatro pilares con una separaci3n de 6,25 m y una altura de 6 y 7,85 m.

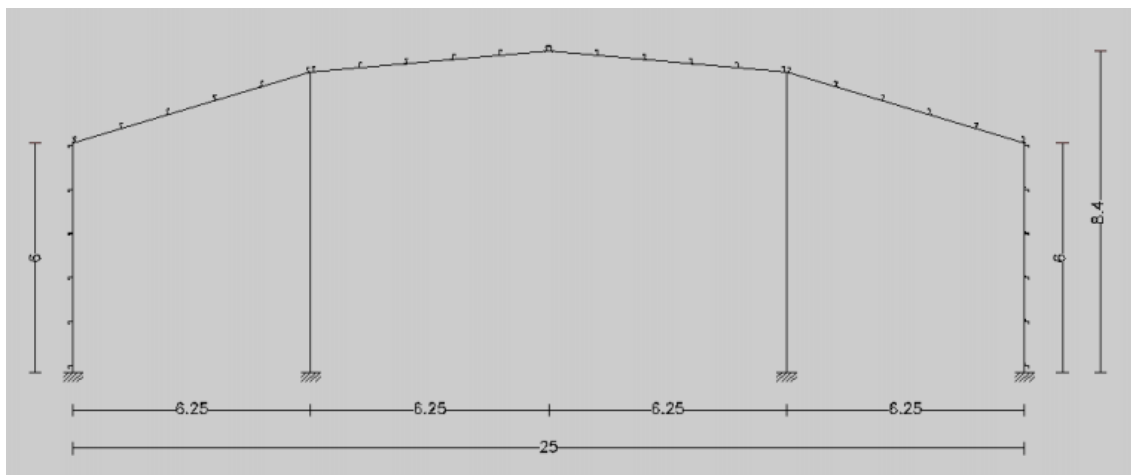


Imagen 27: Dimensiones de la nave

Por otra parte, el resto de pòrticos centrales estaràn formados por dos pilares de 6 m respetivamente.

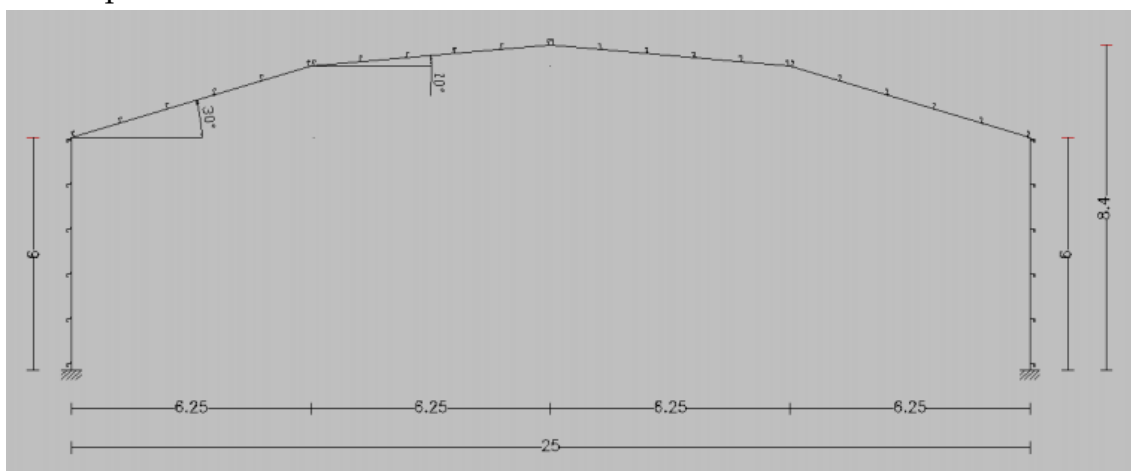


Imagen 28: Dimensiones de la nave



Imagen 29: Imagen aérea de la nave

2.2 N° de unidades a fabricar

En cuanto a máquinas, se compone de fabricar una trituradora de piel de cebolla. Podemos encontrar infinidad de trituradoras en el mercado, la mayoría muy pesadas y voluminosas, con muchísima más fuerza de la necesaria. Nuestra máquina será lo más ligera y compacta posible, ya que para nuestro producto final no es necesaria la fuerza bruta ni la voluminosidad, aunque siempre sin dejar de lado la eficiencia de esta.

Para la fabricación de la máquina trituradora se han tenido en cuenta dos posibles escenarios en función del volumen de residuo generado a pocos kilómetros de distancia.

El escenario "A" se trata del volumen de residuo que podríamos obtener en un radio de 10 km alrededor de nuestra planta (unos 2.400 kg diarios).

El escenario "B" es el volumen obtenido en un radio de 50 km alrededor de nuestra planta (unos 10.900 kg diarios).

Nosotros nos centraremos en el escenario "A" para la creación de la máquina.

2.3 Alcance técnico

2.3.1 Análisis problemática medioambiental

Uno de los factores muy a tener en cuenta a la hora de elaborar este proyecto es la problemática de los pueblos de la comarca del Camp de Turia, infectados por la piel de esta hortaliza. Al no haber plan de erradicación de este residuo ni ningún tipo de manera estipulada de deshacerse de él, éste acaba amontonado y tirado en campos de hortalizas o en descampados cercanos, siendo arrastrados y dispersados por la acción del viento e infectando todas las calles de estos municipios, con el consiguiente olor a cebolla y desperdicios.



Imagen 30: Fotografía a escasos metros de un almacén de cebollas



Imagen 31: Fotografía a más de 500m de cualquier almacén de cebollas

Con esta idea, aparte de limpiar estos municipios y tener calles y descampados limpios de esta basura, también reutilizaríamos esta para producir calor, ya sea en hogares particulares, públicos, piscinas climatizadas e infinidad de lugares.

2.3.2 Recogida de residuos

Este es un tema a tratar y estudiar seriamente, ya que la piel de cebolla es un producto con una densidad muy baja, lo cual supone mucho volumen de transporte para un peso muy bajo (unos 10m^3 de este material equivalen a 100kg).

Un camión tráiler, tiene una carga de 80m^3 y uno con bañera tiene una carga de 20m^3 .



Imagen 32: Camión tráiler



Imagen 33: Camión con bañera

Para la opción "A" que es la que vamos a estudiar nos bastaría con un camión con bañera, trabajando 8 horas diarias y un consumo de 24 litros de fuel por día. En la zona hay 24 almacenes de cebolla que generan una media de 10m^3 de piel de cebolla al día. La distancia media de desplazamiento entre ellos y el almacén es de 10 km por viaje (5km ida y 5km vuelta) empleando unos 40 minutos de media en realizar el trayecto.

La carga máxima de material de este tipo de vehículo es de 20m^3 , por lo que podrá recoger el residuo de dos almacenes por viaje. Serían necesarios 12 viajes en 480 minutos al día (8 horas) para la recogida total del producto.

Estimamos que el camión, con una carga voluminosa pero de peso insignificante (máximo 200 kg por viaje), puede consumir una media de 20 litros por cada 100km, es decir, 2 litros por viaje, o sea, unos 24 litros diarios ($10 \times 0.2 = 2$, $2 \times 12 = 24$).

Se podrían estudiar otras opciones, como la de hacer los viajes con un tráiler, ya que este al poder cargar 80m^3 nos bastaría con 3 viajes, aunque la manera de cargar y descargar sería más complicada, y el coste tanto del chofer como de la compra del camión sería mucho mayor.

Otra opción también podría ser la compactación del material antes de la recogida con pequeñas prensas hidráulicas, como las prensas de cartón, con un solo viaje con un camión bañera se podrían recoger todos los almacenes,

aunque habría que dejar una prensa en cada almacén, con lo que la compra de 24 prensas se nos dispararía en el presupuesto.



Imagen 34: Prensa de cartón



Imagen 35: Material prensado



Imagen 36: Retirada del material

2.3.3 Diseño de la máquina

En este apartado mostraremos cada una de las piezas que compone la máquina, con una breve explicación de sus funciones.

Los planos de cada pieza se aportan en el anexo, esto es solo la descripción de cada pieza.

- **Trituradora**

Es la máquina totalmente acabada, con una producción de 350 kg/h.

Esta fabricada, en acero inoxidable AISI 304 casi en su totalidad, a excepción de algunas piezas de aluminio y otras de plástico.

A continuación, veremos las diferentes piezas que componen la máquina.

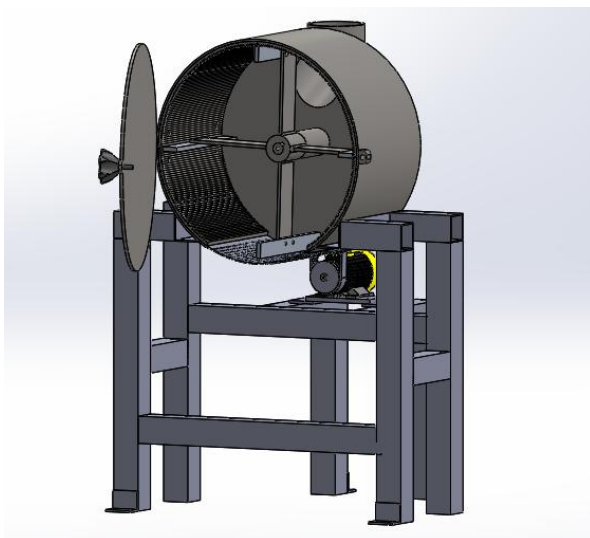


Imagen 37: Trituradora vista frontal

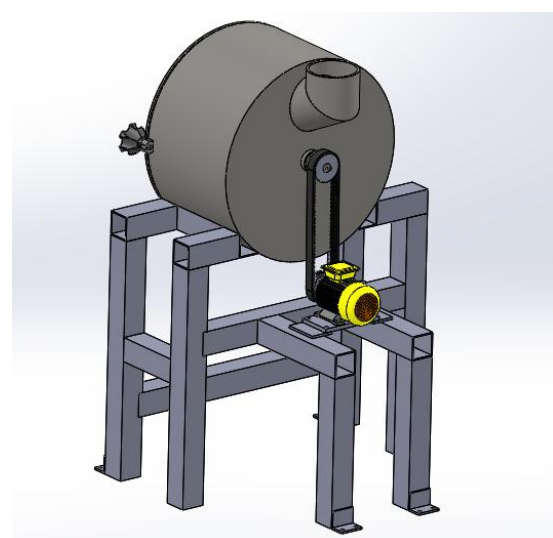


Imagen 38: Trituradora vista trasera

- **Eje cuchilla**

Es el encargado de transmitir el movimiento del motor a la cuchilla para que esta pueda triturar en trozos muy pequeños la piel de la cebolla.

Para transmitir este movimiento está dotado de una chavetera en el extremo de este.



Imagen 39: Eje de la máquina

- **Cuchilla**

Fabricada en Aluminio de la serie 2. Así, al ser más débil, ante cualquier fallo no compromete al cuerpo de la trituradora y será ella la pieza de sacrificio.

Cuando la cuchilla se desgasta al tener dos filos se le puede dar la vuelta, una vez desgastado este segundo filo se sustituye por otra nueva.

Es la encargada de triturar todo el material en trozos muy pequeños aptos para ser pelletizados.

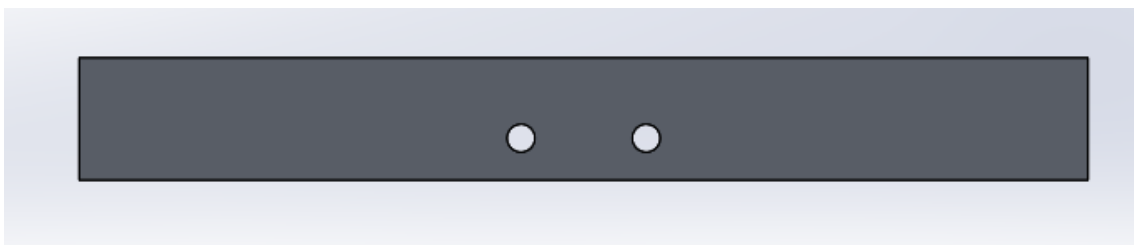


Imagen 40: Cuchilla de corte

- **Cuerpo de la cuchilla**

Es la encargada de recoger el movimiento del eje a través de una chavetera para hacer girar las cuchillas, está compuesta por acero AISI 304 y lleva soldadas con soldadura laser las 4 aletas.

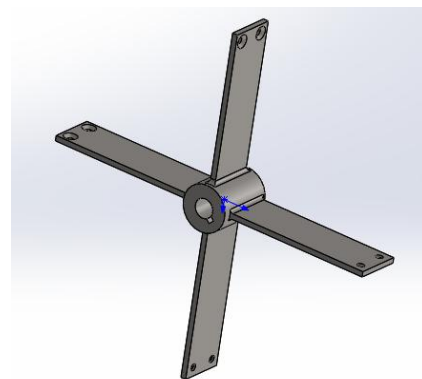


Imagen 41: Cuerpo de la cuchilla

- **Cuerpo trituradora**

Fabricado en acero inoxidable AISI 304. Es el encargado de albergar en su interior las cuatro partes del dentado contra los que la cuchilla aprisiona el material para poder triturarlo. También alberga el tamiz, la boca de entrada del material que se ubica en su parte superior trasera, el cuerpo que sujeta el eje y los rodamientos y los dos cierres tanto la parte trasera como la puerta delantera.

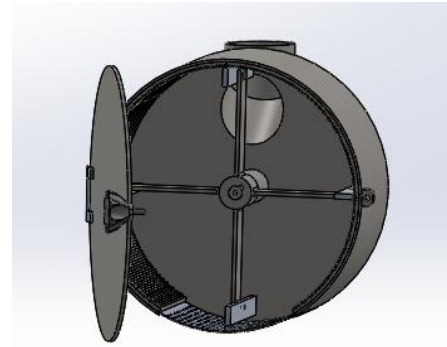


Imagen 42: Cuerpo del triturador

- **Tamiz**

Fabricado en acero inoxidable. Tiene la función de que el material no caiga a la tolva de recepción hasta que no esté triturado al tamaño deseado, en este caso 2mm, aunque podemos intercambiarlo por tamices de diferentes diámetros.

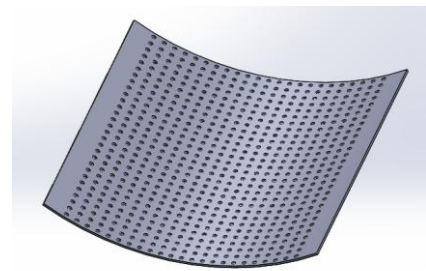


Imagen 43: Tamiz

- **Bancada**

Fabricada en tubos cuadrados de acero inoxidable AISI 304. Soporta el cuerpo de la trituradora. Este va soldado a las dos pletinas en L para una buena sujeción. También alberga el motor y ancla mediante cuatro pletinas toda la estructura al suelo.

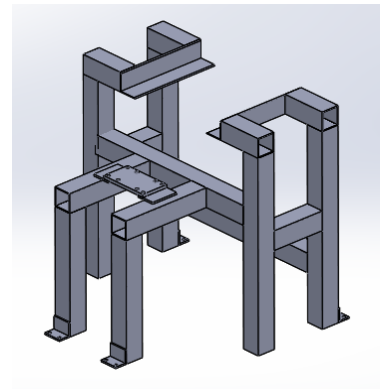


Imagen 44: Bancada

- **Rodamiento**

Es el encargado de facilitar el movimiento de rotación a las cuchillas. Hemos elegido un rodamiento SKF de bolas de una hilera, debido a que soportan cargas radiales y de empuje (hasta 2/3 de la radial) y por su economía frente a los otros tipos de rodamientos.



Imagen 45: Rodamiento

- **Poleas y correa**

Transmiten todo el movimiento de rotación que genera el motor al eje de la cuchilla. Se trata de dos poleas dentadas, las dos idénticas al no tener que multiplicar ni disminuir la velocidad de rotación del motor (2.800rpm) y una correa trapezoidal del mismo paso que las poleas (paso L 9,525mm) con una longitud primitiva de 825,15mm. Todos estos detalles los veremos más adelante en el apartado de cálculos.



Imagen 46: correa trapezoidal



Imagen 47: polea dentada



Imagen 48: conjunto polea-correa

3 Requisitos de diseño

3.1 Bases y datos de partida establecidos

- El diseño debe de ser lo más barato posible para poder llevarlo a cabo, aunque siempre sin dejar de lado tanto la fiabilidad como la productividad deseada.
- El diseño se fabricará para la opción "A" (2.400kg/día) ya que es la opción más accesible económicamente, en caso de obtener una gran rentabilidad con la opción "A" se estudiaría más adelante la fabricación para la opción "B".
- Tanto el conjunto de máquinas como de almacenamiento y todo lo necesario para realizar el proceso de producción debe caber en una nave de 1.500m², que es la nave de la que disponemos actualmente y con la que contamos para realizar el proyecto.
- La máquina debe ser fiable y lo más compacta posible.

3.2 Estudios realizados

Este estudio se basa en obtener la cantidad de materia prima accesible en un radio determinado alrededor de nuestra planta. Para la opción "A" hemos elegido un radio máximo de 10km² alrededor de nuestra planta, para la opción "B" el radio es de 50km².

Toda la información obtenida de los almacenes existentes en valencia se ha sacado de la pagina web empresite.eleconomista.es (ver el apartado de la bibliografía).

Los datos de producción son orientativos, se han sacado preguntando en tres almacenes diferentes (uno en Lliria, otro en la Pobla de Vallbona y otro en Benaguacil) y los tres manejaban volúmenes muy parecidos de alrededor de 10m³ de desperdicio de esta piel al día, unos 100 kg diarios.

Opción A: Subproductos de industria en un radio de 10 km²

Poblaciones en un radio de 10km ²	Recursos disponibles kg/día
La Pobla de Vallbona (6)	600kg/ día
Llíria (4)	400kg/ día
Benaguacil (7)	700kg/ día
Eliana (7)	700kg/ día
Total	2.400kg/día

Tabla 1 Fuente: propia
Elaboración: propia

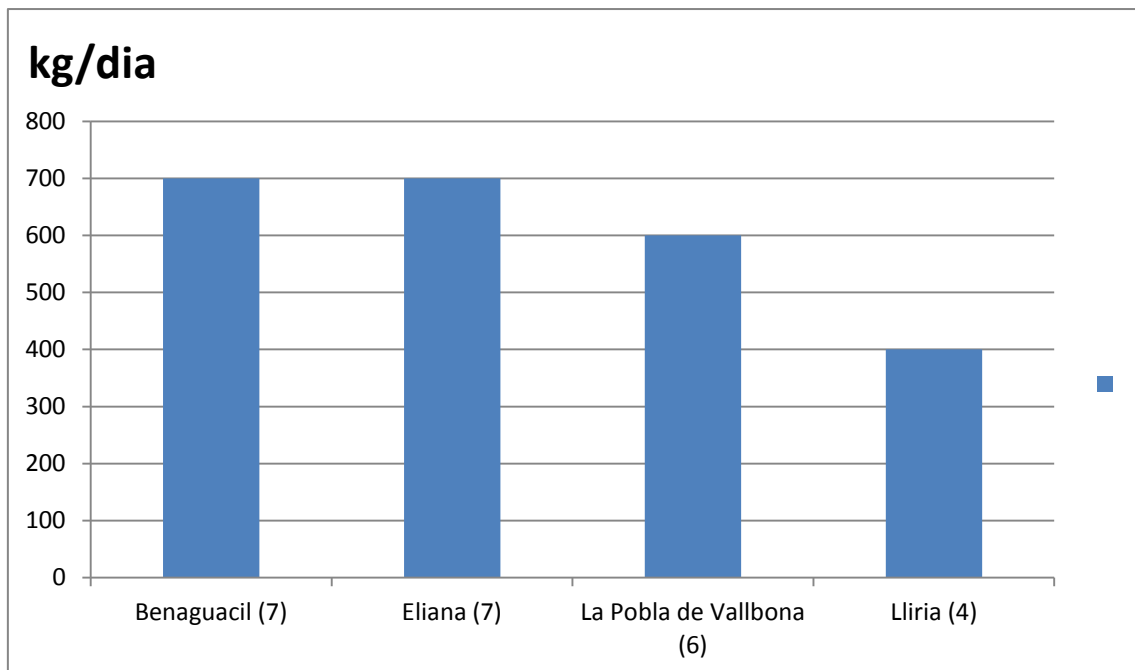


Grafico 1 Fuente: propia
Elaboración: propia

Opción B: Subproductos de industria en un radio de 50 km²

Poblaciones en un radio de 50 km ²	Recursos disponibles kg/día
Valencia ciutat (49)	4.900 kg/ día
Paterna (10)	1.000 kg/ día
Ribarroja (10)	1.000 kg/ día
Llíria (4)	400 kg/ día
Manises (6)	600 kg/ día
Cuart de Poblet (5)	500 kg/ día
Beniparrell (4)	400 kg/ día
Alaquàs (3)	300 kg/ día
Aldaia (3)	300 kg/ día
Puçol (3)	300 kg/ día
Alboraya (2)	200 kg/ día
L'origuilla (2)	200 kg/ día
Xirivella (2)	200 kg/ día
Almussafes (2)	200 kg/ día
Benisanó (1)	100 kg/ día
total	10.900 kg/día

Tabla 2 Fuente: propia
Elaboración: propia

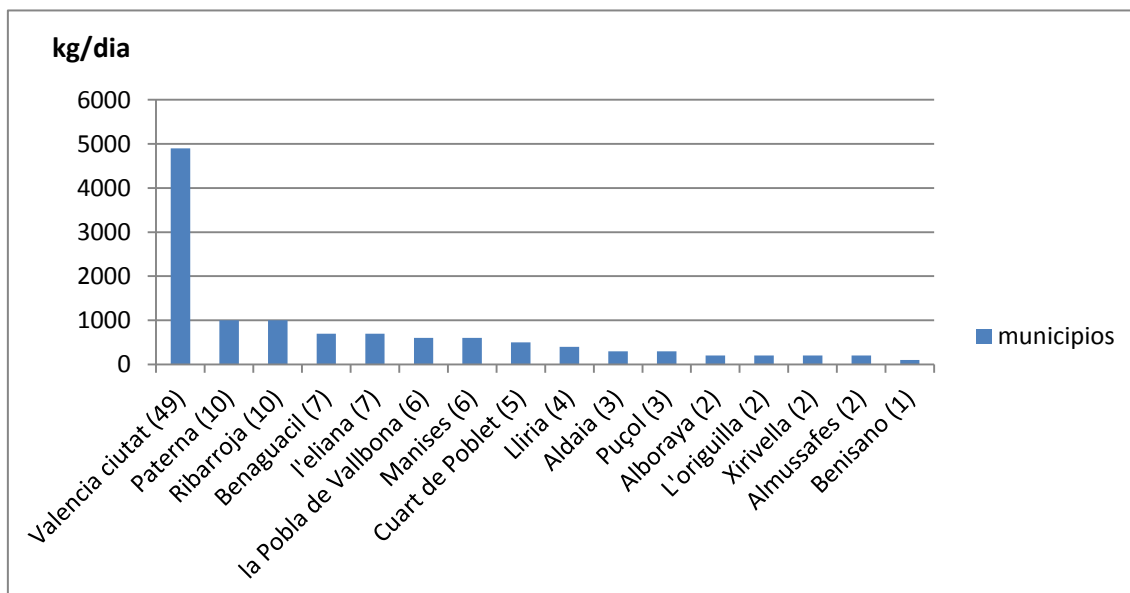


Grafico 2 Fuente: propia
Elaboración: propia

4 Cálculos para el diseño de la máquina

4.1 Capacidad de molienda de la máquina

Cada almacén genera una media de 10m^3 de piel de cebolla al día, que equivalen a 100kg diarios de este residuo.

$$10\text{m}^3 \text{ de piel de cebolla} = 100 \text{ kg de piel}$$

$$100\text{kg} * 24 \text{ almacenes} = 2.400\text{kg/día de piel}$$

$$2.400\text{kg}/8\text{h} = 300\text{kg/h}$$

En la opción A que es la que vamos a estudiar tenemos 24 almacenes de cebolla con medias de producción y de capacidad muy parecidas. Por lo tanto, tenemos una producción de 2.400 kg de piel de cebolla al día.

2400kg de piel distribuido en un turno de 8h. al día corresponde a 300kg/h de piel.

Por tanto, diseñaremos la trituradora para un tamaño de unos 350 kg/h.

4.2 Dimensiones de la máquina

Máquinas de dimensiones la mitad de la nuestra (diámetro 250mm y 150mm de ancho) como las de la marca MP Táctil o Farmer para la molienda de trigo consiguen unas producciones de 450kg/h.



Imagen 49: triturador Farmer

La densidad del trigo es de unos 360 kg/m^3

La densidad de la piel de cebolla cuando está bien seca (humedad entre un 10 y un 12%) es de unos 140 kg/m^3

Por lo tanto, el trigo es 2,6 veces más denso que la piel de cebolla (en un m^3 de trigo caben 2,6 veces los kg que caben en un m^3 de piel de cebolla).

$$360 \text{ kg} / 140 \text{ kg} = 2,57$$

Si con las dimensiones de la máquina de Farmer sacamos 450 kg/h, con la nuestra que es el doble de grande sacaremos 900 kg/h de trigo.

Puesto que el trigo es 2,6 veces más denso la cantidad de piel de cebolla sería:

$$900 \text{ kg} / 2,57 = 350,19 \text{ kg/h}$$

Por lo tanto, nuestra máquina tendrá unas dimensiones de 500mm de diámetro y 300mm de ancho.

4.3 Cálculo de Energía potencial

Mediante el cálculo de la energía potencial obtendremos la energía que tendrá nuestro martillo al golpear contra las pieles de cebolla.

$$E_{\text{Ruptura}} = m_m * g * h$$

m_m = masa del martillo

g = gravedad

h = altura

$$E_{\text{Ruptura}} = 1,103 * 9,81 * 0,5 = 5,41 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Propiedades de masa de Ensamblaje1
Configuración: Predeterminado
Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Masa = 1103.57 gramos

Volumen = 171234.84 milímetros cúbicos

Área de superficie = 57665.03 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)
X = -35.48
Y = 101.24
Z = 437.81

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
Medido desde el centro de masa.

$I_x = (-0.06, 1.00, 0.00)$	$P_x = 1368663.29$
$I_y = (0.00, 0.00, 1.00)$	$P_y = 6187341.87$
$I_z = (1.00, 0.06, 0.00)$	$P_z = 7480426.33$

Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)
Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas

$L_{xx} = 7456680.17$	$L_{xy} = -380219.70$	$L_{xz} = 4.17$
$L_{yx} = -380219.70$	$L_{yy} = 1392409.45$	$L_{yz} = -42.94$
$L_{zx} = 4.17$	$L_{zy} = -42.94$	$L_{zz} = 6187341.87$

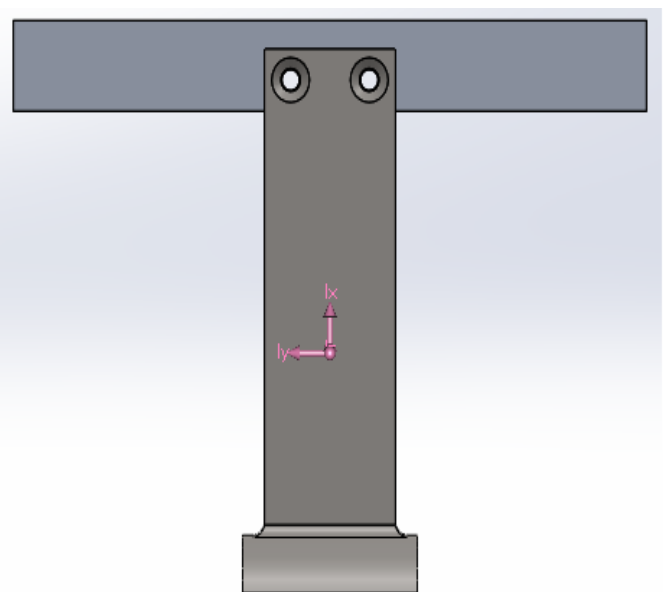


Imagen 50: Imagen conjunto cuchilla y características del conjunto

4.4 Cálculo de velocidades tangenciales del martillo

Cuando dejamos caer un objeto produce una energía potencial, mediante la fórmula de la velocidad tangencial, obtendremos la velocidad con la que el martillo golpeará las pieles de cebolla contra las cuchillas del cuerpo del triturador.

$$V = \sqrt{\frac{2 * m * g * h}{m_{pc}}}$$

V = Velocidad tangencial del martillo

m_{pc} = masa de la piel de cebolla

$$V = \sqrt{\frac{2 * 1103 * 9,81 * 0,5}{2}} = 73,5 \text{ m/s}$$



Imagen 51: Peso piel de cebolla

4.5 Cálculo de Rpm

Mediante el cálculo de la velocidad angular obtendremos las revoluciones a las que tendrá que girar el martillo.

$$\omega = \frac{V * 60}{2 * \pi * r}$$

ω = velocidad angular

r = radio de giro del martillo

$$\omega = \frac{73,5 * 60}{2 * \pi * 0,25} = 2.807 \text{ rpm}$$

4.6 Elección del tipo de motor

Para la determinación de la potencia del motor hemos utilizado la ecuación de Rittinger para molienda.

$$\frac{P}{C} = K_R \left(\frac{1}{D_{pp}} - \frac{1}{D_{pa}} \right)$$

D_{pa} = Diámetro medio de las partículas alimentadas (mm)

D_{pp} = Diámetro medio de las partículas del producto (mm)

K_R = Constante de Rittinger ($8,3081 * 10^{-3}$)

P = Potencia consumida (kW)

C = Capacidad de molienda (kg/h)

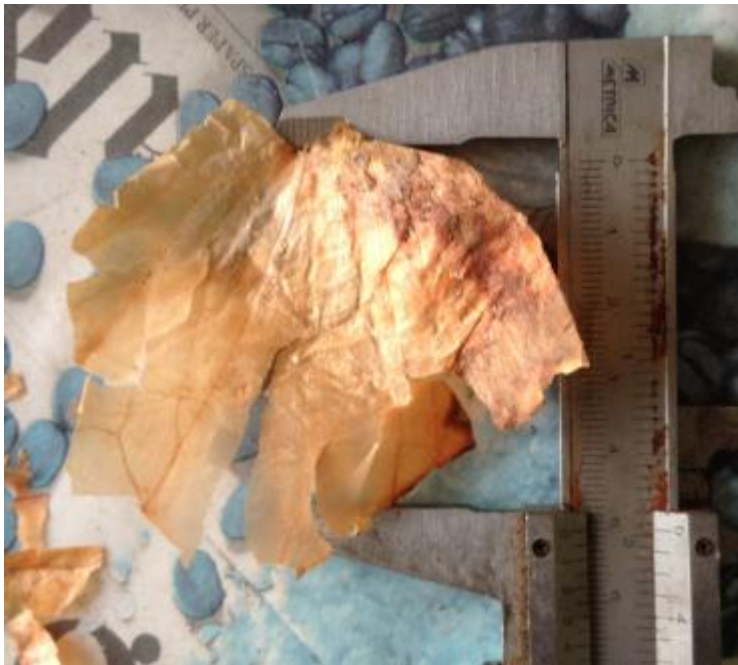


Imagen 52: Dimensiones piel de cebolla

$$D_{pa} = \frac{\text{ancho} + \text{espesor} + \text{largo}}{3} = \frac{50 + 0,1 + 50}{3} = 33,36 \text{ mm}$$

D_{pp} = El diámetro final requerido para hacer pellets es de 2mm

$$\frac{P}{350 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}} = 8,3081 * 10^{-3} * \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{33,36} \right)$$

$P = 1,36 \text{ kW}$

Elegiremos el motor un poco superior para no ir al límite, por lo tanto elegiremos un motor de 1,5 kW

4.7 Elección de la chaveta

De acuerdo a la tabla, para un diámetro de 25mm se estima una sección de chaveta de 8 x 7 mm

Consideraremos para la fabricación de la chaveta un acero AISI 4640 con un esfuerzo de fluencia (S_y) 895,7MPa y con un factor de seguridad (F_s) de 2, por ende, el esfuerzo de fluencia equivale a 447,8MPa, de sobra para nuestra máquina.

CHAVETERO														
Diámetro del eje d		Sección de la chaveta $b \times h$	Nominal	Ancho b , tolerancia					Profundidad				Chafflán R_f	
				Clase de ajuste del enchavetado					Eje h_1		Cubo h_2			
				Más de	Hasta	Libre	Normal	Ajustado	Nominal	Toler.	Nominal	Toler.	Min.	Máx.
				Eje h_9	Cubo $D10$	Eje $N9$	Cubo J_9	Eje y cubo p_9						
10	12	4 x 4	4					-0,012	2,5		1,8		0,08	0,16
12	17	5 x 5	5	+0,030	+0,078	0		-0,042	3	+0,1	2,3	+0,1	0,16	0,25
17	22	6 x 6	6	0	+0,030	-0,030	$\pm 0,015$		3,5	0	2,8	0	0,16	0,25
22	30	8 x 7	8	+0,036	+0,098	0		-0,015	4		3,3		0,16	0,25
30	38	10 x 8	10	0	+0,040	-0,036	$\pm 0,018$	-0,051	5		3,3		0,25	0,40
38	44	12 x 8	12						5		3,3		0,25	0,40
44	50	14 x 9	14	+0,043	+0,120	0	$\pm 0,0215$	-0,018	5,5		3,8		0,25	0,40
50	58	16 x 10	16	0	+0,050	-0,043		-0,061	6		4,3		0,25	0,40
58	65	18 x 11	18						7	+0,2	4,4	+0,2	0,25	0,40
65	75	20 x 12	20						7,5	0	4,9	0	0,40	0,60
75	85	22 x 14	22	+0,052	+0,149	0	$\pm 0,026$	-0,022	9		5,4		0,40	0,60
85	95	25 x 14	25	0	+0,065	-0,052		-0,074	9		5,4		0,40	0,60
95	110	28 x 16	28						10		6,4		0,40	0,60
110	130	32 x 18	32						11		7,4		0,40	0,60
130	150	36 x 20	36	+0,062	+0,180	0	$\pm 0,031$	-0,026	12		8,4		0,70	1,00
150	170	40 x 22	40	0	+0,080	-0,062		-0,088	13		9,4		0,70	1,00
170	200	45 x 25	45						15		10,4		0,70	1,00
200	230	50 x 28	50						17		11,4		0,70	1,00
230	260	56 x 32	56						20	+0,3	12,4	+0,3	0,70	1,00
260	290	63 x 32	63	+0,074	+0,220	0	$\pm 0,037$	-0,032	20	0	12,4	0	1,20	1,60
290	330	70 x 36	70	0	+0,100	-0,074		-0,106	22		14,4		1,20	1,60
330	380	80 x 40	80						25		15,4		2,00	2,50
380	440	90 x 45	90	+0,087	+0,260	0	$\pm 0,0435$	-0,037	28		17,4		2,00	2,50
400	500	100 x 50	100	0	+0,120	-0,087		-0,124	31		19,5		2,00	2,50

Tabla 3 Fuente: upcommons.upc.edu
Elaboración: upcommons.upc.edu

4.8 Elección del tipo de transmisión

4.8.1 Elección de la polea conductora

Lo primero que debemos saber para el cálculo de la polea es saber la potencia de diseño que tiene nuestra máquina.

$$P_d = P_m * F_s$$

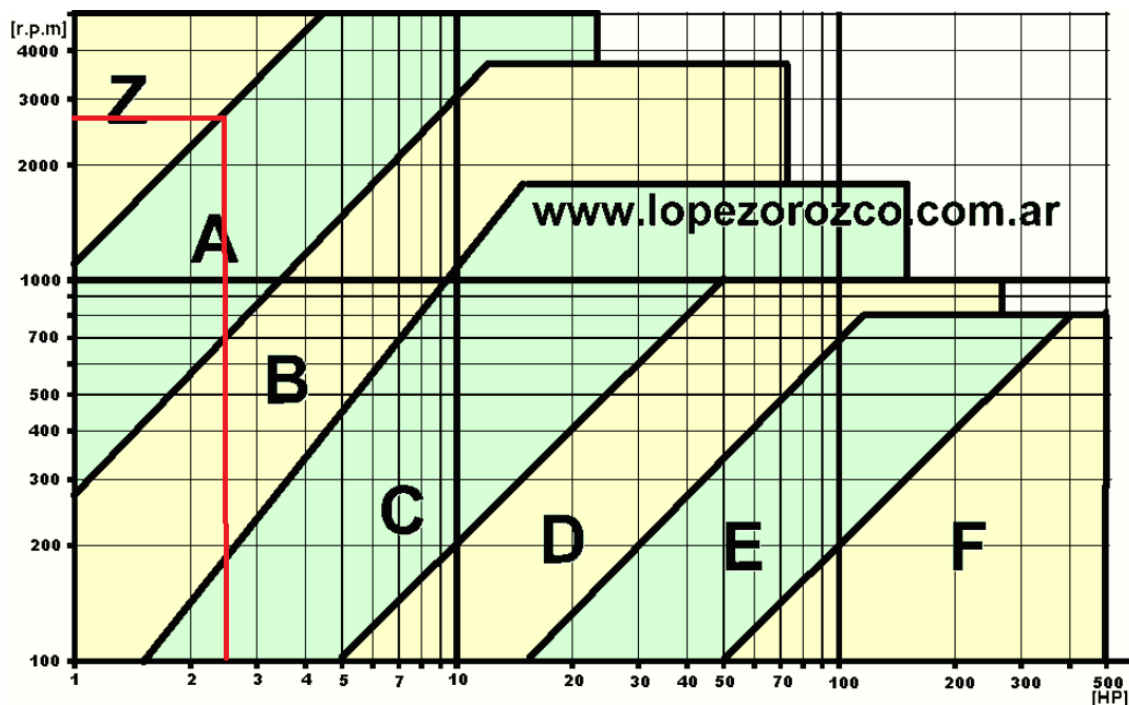
P_m = Potencia del motor (hp)

F_s = Factor de servicio

Nuestro factor de servicio es un factor de servicio normal (Horas de trabajo de 6 a 16h al día) y corresponde a multiplicar por 1,3

$$1,5 \text{ kW} = 2 \text{ hp}$$

$$P_d = 2 * 1,3 = 2,6 \text{ hp}$$



Sección	Z	A	B	C	D	E	F
Diámetro	40mm	70mm	110mm	180mm	230mm	310mm	450mm

Tabla 4 Fuente: lopezorozco.com

Elaboración: propia

Como nuestra gráfica está en el límite entre la sección Z y la A escogeremos la superior por seguridad, por lo tanto, elegiremos la A, una polea de 70mm de diámetro.

El Paso y la anchura de esta serán acorde al de la correa que veremos a continuación.

4.8.2 Elección de la polea conducida

Como nuestro motor no tiene que hacer ninguna reducción ni aumento de las revoluciones, ya que el motor gira a 2.800rpm nominales y es justo a la velocidad que queremos que funcione, la polea conducida será idéntica a la conductora, una polea tipo A de 70mm de diámetro.

4.8.3 Elección de la correa

Para la elección de la correa hemos elegido una correa síncrona ya que son las mejores para transmisiones compactas, también para el empleo de poleas compactas como es nuestro caso (70mm).

Lo primero que tenemos que saber es la longitud correcta de nuestra correa, para ello utilizaremos la siguiente formula.

$$L = 1,57 * (D + d) + 2 * A + \frac{(D-d)}{4*A} = \text{mm}$$

D = diámetro de la polea mayor

d= diámetro de la polea pequeña

A = entre centro deseado

$$L = 1,57 * (70+70) + 2 * 280 + \frac{(70-70)}{4*280} = 779,8\text{mm}$$

Una vez tenemos la longitud de la correa exacta para nuestro entre centro deseado, tenemos que saber la anchura de esta para la elección del tipo de correa.

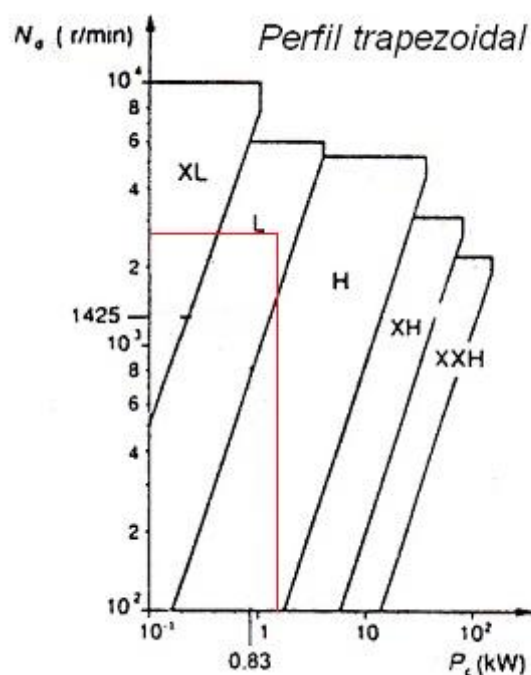
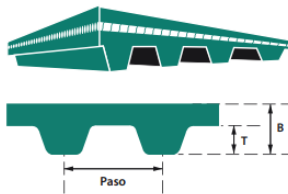


Grafico 4 Fuente: lopezorozco.com

Elaboración: lopezorozco.com

Nuestra correa será de una anchura estándar L, elegiremos del catalogo la que más se aproxime a nuestra longitud. En este caso el fabricante elegido es Sitsa.

Secciones y dimensiones nominales



	Paso mm	T mm	B mm
XL	5,08	1,27	2,30
L	9,525	1,91	3,50
H	12,70	2,29	4,00
XH	22,225	6,36	11,40

L		
Descripción	Long. primitiva mm	Nº de dientes
124-L	314,33	33
150-L	381,00	40
187-L	476,25	50
202-L	514,35	54
210-L	533,40	56
225-L	571,50	60
236-L	600,08	63
240-L	609,60	64
244-L	619,13	65
255-L	647,70	68
270-L	685,80	72
285-L	723,90	76
300-L	762,00	80
322-L	819,15	86
345-L	876,30	92
367-L	933,45	98
390-L	990,60	104
420-L	1066,80	112
450-L	1143,00	120
480-L	1219,20	128
510-L	1295,40	136
540-L	1371,60	144
600-L	1524,00	160
630-L	1600,20	168
660-L	1676,40	176

Anchuras estándar							
XL		L		H		XH	
código	mm	código	mm	código	mm	código	mm
025	6,4						
037	9,5						
		050	12,7				
		075	19,1				
		100	25,4				
				150	38,1		
				200	50,8	200	50,8
				300	76,2	300	76,2
				400	101,6	400	101,6

Tabla 5, 6 y 7 Fuente: sitsa.com
Elaboración: sitsa.com

Nuestro código de correa será una 322-L-100

Una vez tenemos seleccionada la correa adecuada procedemos a calcular el entre centro correcto para esa correa.

$$A = H + \sqrt{H^2 - B}$$

siendo:

$$H = \frac{L}{4} - 0,3925 * (D+d) \quad / \quad B = \frac{(D-d)^2}{8}$$

$$H = \frac{819,15}{4} - 0,3925 * (70+70) = 149,8\text{mm} \quad / \quad B = \frac{(70-70)^2}{8} = 0$$

$$A = 149,8 + \sqrt{149,8^2 - 0} = 299,8 \text{ mm}$$

Por lo tanto, nuestra distancia entre centros correcta para este tipo de correa y puela será de 300mm

4.9 Elección del tipo de rodamiento

Hemos seleccionado rodamientos de bolas de una hilera, debido a que soportan cargas radiales y de empuje (hasta 2/3 de la radial) y por su economía frente a los otros tipos de rodamientos.

El fabricante seleccionado ha sido SKF con los datos de partida que necesitamos hemos elegido el tipo de rodamiento adecuado para nuestra máquina.

Las necesidades del rodamiento son:

- Diámetro interior 25mm que el diámetro del eje.
- Anillos sellados por los dos lados para que no entren restos de material en el interior del rodamiento acortando la vida de este
- Rpm superiores a 2.800 rpm
- Diámetro exterior y ancho no nos importa al tener sitio de sobra para colocarlo
- Vida útil de más de 9.600 h.

Para seleccionar el tipo de rodamiento adecuado utilizaremos las siguientes fórmulas.

$$C = F_d * \left(\frac{L_d * n_d * 60}{L_r * n_d * 60} \right)^{1/a}$$

F_d = Carga de diseño (valor de carga que soporta cada rodamiento)

N_d = Velocidad angular de diseño

$L_r * n_d * 60 = 10^6$ Parámetros que nos da la compañía SKF

L_d = Vida útil del rodamiento = 240 días al año (20 días al mes) * 5 años = 9.600 h.

$a = 3$ para rodamientos de bola

Para obtener el valor F_d sumamos todos los componentes que soporta el eje.

Componente	Cantidad	Peso Unitario	Peso total
Martillos	4	0,85 kg	3,4 kg
Cuchillas	4	0,25 kg	1 kg
Eje	1	1 kg	1 kg
Chaveta	2	0,06 kg	0,012 kg
Tornillo central	1	0,25 kg	0,25 kg
Conjunto perno cuchilla	8	0,058 kg	0,464 kg
total			6,126 kg

Tabla 8 Fuente: Solidworks
Elaboración: propia

El resultado 6,126 lo multiplicamos por 9,8 para obtener el valor en N y lo dividimos por dos porque tenemos dos rodamientos que soportan la carga.

$6,126 * 9,8 / 2 = 30N$ soporta cada rodamiento

$$C = 30 * \left(\frac{9.600 * 2.800 * 60}{10^6} \right)^{1/3} = 351N$$

Con los resultados obtenidos hemos elegido el rodamiento 6005-2RSH ya que supera con creces nuestra C calculada y es el más barato (7,36€)

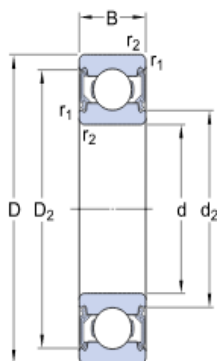
Dimensiones principales				Capacidad de carga básica		Capacidades de carga de fatiga		Velocidades nominales		Designación	Designaciones
				dinámica	estática			Velocidad de referencia	Velocidad límite	Bearing	Anillo elástico
d	D	B	C	C	C ₀	P _u					
mm				kN		kN	r/min				
▲	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆		◆	◆	◆
25	37	10		3.38	2.5	0.108			11000	W 63805-2RS1	
25	52	15		11.7	7.65	0.335			8500	W 6205-2RS1	
25	37	7		4.36	2.6	0.125			11000	61805-2RS1	
25	47	12		11.9	6.55	0.275			9500	6005-2RSH	
25	47	12		8.71	5.85	0.25			9500	W 6005-2RS1	
25	47	16		11.2	6.55	0.275			9500	63005-2RS1	

Tabla 9 Fuente: www.skf.com
Elaboración: www.skf.com

6005-2RSH

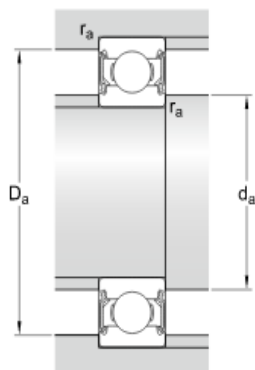
SKF Explorer

Dimensiones



d	25	mm
D	47	mm
B	12	mm
d ₂	≈ 29.45	mm
D ₂	≈ 42.2	mm
r _{1,2}	min. 0.6	mm

Dimensiones de los resaltes



d _a	min.	28.2	mm
d _a	ma x.	29.5	mm
D _a	ma x.	43.8	mm
r _a	ma x.	0.6	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	11.9	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	6.55	kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.275	kN
Velocidad límite		9500	r/min
Factor de cálculo	k _r	0.025	
Factor de cálculo	f ₀	14	

Masa

Rodamiento de masa		0.081	kg
--------------------	--	-------	----

Tabla 10 Fuente: www.skf.com
Elaboración: www.skf.com

5 Los interfaces con otros sistemas y elementos externos al proyecto

5.1 Formulación del problema de forma amplia y detallada

5.1.1 Entrada estado inicial

- **Cargado de la máquina**

El producto (piel de cebolla) llega a la nave cargada en los camiones, se descarga en la nave en un sitio habilitado para tal fin.

El proceso de carga se podría hacer de cuatro maneras:

- Una cinta transportadora desde el lugar de secado hace llegar la piel a un silo grande colocado arriba de la secadora.
- Se carga un silo grande colocado en la parte de arriba de la secadora con ayuda de una pala (máquina) o de una fenwick (torete).
- Un operario carga continuamente el silo o un depósito pequeño a mano con ayuda de una pala o herramienta de mano.
- Situar un tubo de extracción dentro del lugar de secado del material e introducirlo dentro de la máquina por su abertura trasera directamente para triturar.

La primera opción en descartarse sería la tres, ya que nos ahorramos el sueldo de un operario todo el día cargando continuamente la máquina. La primera opción, sí que sería buena, ya que la cinta nos proporciona material de forma constante y uniforme durante todo el tiempo que deseemos, pudiendo adaptar la velocidad y por tanto la cantidad de material requerido a nuestra producción deseada, aunque también tiene el inconveniente de tener a alguien vigilando que la cinta siempre cargara el material. La más eficiente sería la cuatro, nos ahorramos el tiempo de vigilancia de un empleado y el inconveniente de volado y falta de transporte del material, aunque para los volúmenes de material que manejamos sería una inversión muy fuerte. Por lo tanto, la opción elegida sería la segunda, ya que la pérdida de tiempo no sería muy grande, pudiendo cargar el silo lleno con la máquina y evitar una supervisión continua.

Situación de la máquina

Para cualquiera de las tres opciones elegidas anteriormente la trituradora se situará lo más cerca posible del lugar de almacenamiento del material (que es el mismo que el de secado) sin comprometer el descargado de los camiones en el lugar especificado, así facilitaremos el cargado de esta, un menor tiempo invertido para el cargado, y abaratar el coste y los metros de la cinta de carga del lugar de almacenamiento a la trituradora.

5.1.2 Salida estado final

- **Extracción del producto triturado**

El producto final ya triturado cae por debajo del tamiz, por los agujeros ideados para tal fin.

Cuando cae podemos contar con tres maneras de recogerlo:

- Descargar un operario el material triturado en sacos o capazos y descargarlos manualmente en una tolva o en la máquina secadora.
- Colocar la máquina trituradora encima de un foso o depósito subterráneo, de manera que todo el material triturado cayera dentro de este y con ayuda de una cinta transportadora llevar el material directamente a la secadora.
- Situar una cinta transportadora debajo de la propia máquina y esta transporta el material triturado que cae por el tamiz directamente a la secadora.

Las tres opciones serían válidas para el descargado de material triturado, pero la primera obviamente supondría una pérdida de tiempo, tener un hombre solo para esa tarea y finalmente una pérdida económica.

La segunda sería la mejor opción desde el punto de vista de producción y almacenaje, pero tiene el inconveniente económico, al tener que implantar una cinta más larga que en la opción tres (la misma longitud de cinta que la anterior mas el tramo de elevación del foso) y el coste que supondría construir el foso.

Por lo tanto, elegiremos la opción tres ya que obtendríamos los mismos rendimientos de producción y nos ahorraríamos los costes extra anteriormente citados.

5.1.3 Restricciones

- **Económicas**

Las primeras restricciones que tenemos son económicas, el proyecto no puede ser demasiado caro porque si no, no se puede llevar a cabo.

La máquina se construirá lo más sencilla y robusta posible, abaratando el precio al máximo, aunque siempre teniendo en cuenta los factores de calidad, productividad y larga duración de esta.

- **Elección del tipo de motor**

Con los cálculos anteriores sabemos que necesitamos un motor de 1,5 kW de potencia para mover la trituradora, pero falta saber el tipo de motor que elegiremos. El motor elegido será un motor de jaula de ardilla ya que, dentro del universo de motores eléctricos, este es el más común y de uso más generalizado por diversas razones:

- Bajo costo
- Bajo mantenimiento
- Fácil de adquirir
- Alto grado de protección
- Pocos componentes
- Robusto
- Por carecer de chispas internas, puede instalarse en ambientes de riesgo.

- **Motor**

Motor trifásico de 1,5 kW, 2.800 rpm, de medio par de arranque, rotor en jaula de ardilla de 4 polos, cerrado con ventilación exterior y bridas en aluminio extra duro.

Protección IP55 eficiencia IE1 con unas condiciones de servicio de -15 a 40° con una altitud máxima de 1.000 m sobre el nivel del mar con aislamiento de clase F. Es el motor perfecto para nuestra localización, ya que se encuentra a 230 m sobre el nivel del mar con unas temperaturas mínimas sobre los 3° en invierno y unas máximas de 35° en verano.



Imagen 53: Motor trifásico

Potencia nominal a 50 Hz		Potencia nominal a 60 Hz		Tamaño		Valores de servicio a potencia nominal				Referencia (complementos del tipo en página 17)	Peso Forma constr. IM B3 aprox. Kg
P_N kW	P_N kW	n_N min ⁻¹	M_N Nm	Clase eficiencia CEMEP	Rend. plena carga 50 Hz	Rend. a 3/4 de carga	Factor de potencia plena carga $\cos\phi_N$	Corriente nominal 400V 50 Hz			
P_N kW	P_N kW	n_N min ⁻¹	M_N Nm	EFF2	η_N %	$\eta_{3/4}$ %	$\cos\phi_N$	I_N A			
2 polos 3000 min ⁻¹ a 50 Hz 3600 min ⁻¹ a 60 Hz, clase F, utilización B, IP 55										aluminio	
0,09	0,11	56 M	2830	0,3	63	62	0,81	0,26	1LE1 002-0AA2□-□□□□▶	3	
0,12	0,14	56 M	2800	0,41	65	64	0,83	0,32	1LE1 002-0AA3□-□□□□▶	3	
0,18	0,21	63 M	2820	0,61	64	63	0,79	0,51	1LE1 002-0BA2□-□□□□▶	3,5	
0,25	0,29	63 M	2830	0,84	65	65	0,80	0,69	1LE1 002-0BA3□-□□□□▶	4,1	
0,37	0,43	71 M	2740	1,3	66	65	0,82	1	1LE1 002-0CA2□-□□□□▶	5	
0,55	0,63	71 M	2800	1,9	71	70	0,82	1,36	1LE1 002-0CA3□-□□□□▶	6	
0,75	0,86	80 M	2855	2,5	73	72	0,86	1,73	1LE1 002-0DA2□-□□□□▶	9	
1,1	1,3	80 M	2845	3,7	EFF2	77	77	0,87	2,4	1LE1 002-0DA3□-□□□□▶	11
1,5	1,75	90 S	2860	5	EFF2	79	80	0,85	3,25	1LE1 002-0EA0□-□□□□▶	12,9
2,2	2,55	90 L	2880	7,3	EFF2	82	82	0,85	4,55	1LE1 002-0EA4□-□□□□▶	15,7
3	3,45	100 L	2835	10	EFF2	82,6	83,2	0,87	6	1LE1 002-1AA4□-□□□□▶	20
4	4,6	112 M	2930	13	EFF2	84,8	84,4	0,86	7,9	1LE1 002-1BA2□-□□□□▶	25
5,5	6,3	132 S	2905	18	EFF2	86	86,6	0,89	10,4	1LE1 002-1CA0□-□□□□▶	35
7,5	8,6	132 S	2925	24	EFF2	87,6	88,7	0,88	14	1LE1 002-1CA1□-□□□□▶	40
11	12,6	160 M	2920	36	EFF2	88,4	88,5	0,85	21	1LE1 002-1DA2□-□□□□▶	60
15	17,3	160 M	2930	49	EFF2	89,5	89,7	0,84	29	1LE1 002-1DA3□-□□□□▶	68
18,5	21,3	160 L	2935	60	EFF2	90,9	91	0,86	34	1LE1 002-1DA4□-□□□□▶	78

Tabla 11 Fuente: www.tercesa.com
Elaboración: www.tercesa.com

- **Emisión de polvo**

La emisión de polvo que produce la máquina es mínima, ya que, en el proceso de carga de la máquina, se carga mediante un tubo de aspiración sellado y entra dentro de la máquina que también está sellada, por lo tanto, no se produce polvo ni pérdida de material.

En la salida del material ya triturado sí que podría existir una pequeña pérdida de material, ya que este debidamente triturado cae por el tamiz de la trituradora a una cinta (tapada por arriba y los lados para no perder material) y en la caída del material podría caer un poco o volarse mínimamente al ser un material de tan poco peso.

Como el material que utilizamos es piel de cebolla esta no produce polvo en suspensión, por lo que habrá que mantener limpia la zona de carga y descarga del material para que no se acumule polvo encima del material y esté en suspensión en el aire a la hora de cargarlo.

- **Molestias por ruidos**

La trituradora junto con el motor de jaula de ardilla es la que más ruido producen en toda la planta y está en torno a los 75 dB.

El artículo 75 del Decreto Supremo N° 594, de 2000, del Ministerio de Salud, que aprobó el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, establece que la exposición ocupacional a ruido estable o fluctuante debe ser controlada de modo que para una jornada de 8 horas diarias ningún trabajador pueda estar expuesto a un nivel de presión sonora continuo equivalente a 87 decibeles, medidos en la posición del oído del trabajador. Es del caso señalar que la norma legal establece que, si los niveles de presión sonora fueran superiores a 85 decibeles, el tiempo de exposición al ruido deber disminuir y tomar medidas leves si los niveles de presión sonoras fueran superiores a 55 decibeles.

Por lo tanto, como no llegamos al máximo no habría que tomar ninguna medida sería frente a este problema, aunque sobrepasamos el mínimo permitido, por lo tanto, tomaremos la medida de implantar los EPIS adecuados (cascos protectores o tapones a los trabajadores que trabajen mucho tiempo cerca de la máquina.

- **Peligros por incendios**

Para evitar riesgo de incendio en la máquina deberemos tomar alguna serie de medidas como:

- Evitar la fuga de polvo de los equipos.
- Prohibir que se fume en las áreas críticas.
- Permisos de trabajo en caliente.
- Poner a tierra todos los motores, colectores de polvo, conductos, recipientes metálicos.
- Establecer protección contra rayos y variaciones bruscas de tensión.
- Eliminar rápida y regularmente cualquier acumulación de polvo
- Empleo de material antiestático para cintas transportadoras.
- Montaje de interruptores de emergencia que desconectan los motores en caso de rozar una cinta transportadora.
- Ejecución de los equipos eléctricos a prueba de polvo.
- Sistemas eficientes de puesta a tierra para evitar cargas electrostáticas.

- **Aprovechamiento de residuos y/o eliminación de desechos**

Todos los desperdicios de polvo, piel triturada y de otros desechos que caen de la máquina, del proceso de carga y descarga de esta y del proceso de secado y pelletizado serán correspondientemente eliminados y no se podrán volver a utilizar para la fabricación de pellets debido al alto contenido en polvo y otras sustancias no deseadas para la fabricación de este.

Estos residuos serán debidamente reciclados por alguna empresa ideada para tal fin como pueda ser Femarec u otras empresas similares.

5.1.4 Criterios

Para realizar la fabricación de la máquina, deben elegirse las características más relevantes de la máquina, para que en base a estas se efectúe una evaluación.

- **Grado de trituración**

La máquina debe de ser capaz de triturar el material sin problemas para que este pueda colarse por los agujeros del tamiz deseado.

- **Tamaño y peso**

Esta deberá de ser robusta y de un tamaño reducido para no ocupar demasiado espacio. El peso no es muy importante a la hora del diseño ya que esta va anclada al suelo y en caso de reubicarla tenemos maquinaria para poderla mover sin problemas

- **Facilidad de construcción**

Cuantas menos piezas disponga la máquina, mas fácil será de construir, más barato será el diseño y menor el riesgo de ruptura.

- **Capacidad productiva**

Debe de estar de acuerdo la capacidad de producción de la máquina con la producción de nuestra planta, para no quedarnos cortos a la hora de trabajar y producir nuestros pellets y también para no pasarnos demasiado por encima en la producción de esta, ya que esto supondría una máquina más grande de lo necesario, mas material y pos consiguiente un coste más elevado de esta.

- **Mantenimiento**

Debemos tener en cuenta que tenga un mantenimiento muy duradero, ya que de lo contrario invertiremos más dinero en reparaciones y más tiempo estará esta sin producir pellets, con la consiguiente pérdida de dinero. Cuantas menos piezas y elementos móviles dispongan, menor será su mantenimiento y menor coste invertiremos en ella.

- **Seguridad**

La seguridad es primordial a la hora de trabajar, por eso instalaremos un interruptor de seta, para paradas de emergencia y a la hora de poner en marcha la máquina para que esta no pueda utilizarse con la compuerta abierta y producir accidentes no deseados.

- **Resistencia a la corrosión**

La máquina se construirá en acero inoxidable, para una mayor resistencia a la corrosión y al paso del tiempo. También para asegurarnos una larga vida de la máquina y de todos sus elementos.



- **Nivel de ruido**

El nivel sonoro es un dato importante a la hora de construir maquinaria, por eso nuestra máquina no podrá sobrepasar los 85 decibelios en marcha como establece la legislación, en el artículo 75 del Decreto Supremo N° 594, de 2000, del Ministerio de Salud, ya que si no deberíamos tomar medidas serias de seguridad respecto a los trabajadores.

5.1.5 Las variables de solución

El diseño final del proyecto se basa en un estudio de varias alternativas donde se presentan las diferentes opciones a tomar, y en base a este análisis se tomarán las decisiones que más se adecuen a los condicionantes descritos.

El objetivo, por tanto, será alcanzar la situación más idónea para el cumplimiento del mismo.

Las alternativas seleccionadas son las siguientes:

- **Material de construcción**

Por facilidad económica y de fabricación la máquina podríamos construirla de hierro dulce, acero o cualquier otro material más barato, pero la fiabilidad y mantenimiento de esta estaría más comprometida y a la larga nos resultaría más cara. Por eso el material elegido será el acero inoxidable ya que presenta múltiples ventajas respecto al hierro o otros aceros.

Ventajas del acero inoxidable

- Máxima higiene.
- Menor adherencia de la suciedad y agentes externos.
- Rápida limpieza de la superficie.
- Gran durabilidad.
- Mínimo mantenimiento.
- Diferentes acabados: Satinado pulido o vibrado.
- Estética vanguardista.
- Resistencia al calor
- Resistencia a ambientes húmedos.

Características de los aceros inoxidables más comunes.

Tipo	Resistencia a la corrosión	Dureza	Magnéticos	Endurecidos por temple	Soldabilidad
Martensíticos	Baja	Alta	Si	Si	Pobre
Ferríticos	Buena	Media baja	Si	No	Limitada
Austeníticos	Excelente	Alta	No	No	Excelente

Tabla 12 Fuente: upcommons.upc.edu
Elaboración: propia

Tabla 2.1 Propiedades mecánicas especificadas para los aceros inoxidable usuales según EN 10088-2

	Grado	Producto ¹⁾	Espesor máximo (mm)	Mínima resistencia ²⁾ correspondiente al 0.2 % (N/mm ²)	Resistencia última a tracción (N/mm ²)	Alargamiento de rotura (%)
Aceros inoxidables austeníticos básicos de cromo y níquel	1.4301	C	8	230	540 – 750	45 ⁽³⁾
		H	13,5	210	520 – 720	45 ⁽³⁾
		P	75	210	520 – 720	45
Aceros inoxidables austeníticos de molibdeno, cromo y níquel	1.4307	C	8	220	520 – 700	45
		H	13,5	200	520 – 700	45
		P	75	200	500 – 700	45
Aceros inoxidables austeníticos de molibdeno, cromo y níquel	1.4401	C	8	240	530 – 680	40
		H	13,5	220	530 – 680	40
		P	75	220	520 – 670	45
	1.4404	C	8	240	530 – 680	40
		H	13,5	220	530 – 680	40
		P	75	220	520 – 670	45
Aceros inoxidables austeníticos estabilizados	1.4541	C	8	220	520 – 720	40
		H	13,5	200	520 – 720	40
		P	75	200	500 – 700	40
Aceros inoxidables austeníticos estabilizados	1.4571	C	8	240	540 – 690	40
		H	13,5	220	540 – 690	40
		P	75	220	520 – 670	40
Aceros inoxidables austeníticos bajos en carbono, altos en nitrógeno	1.4318	C	8	350	650 – 850	35
		H	13,5	330	650 – 850	35
		P	75	330	630 – 830	45
Aceros inoxidables dúplex	1.4362	C	8	450	650 – 850	20
		H	13,5	400	650 – 850	20
		P	75	400	630 – 800	25
	1.4462	C	8	500	700 – 950	20
		H	13,5	460	700 – 950	25
	P	75	460	640 – 840	25	

Tabla 13 Fuente: upcommons.upc.edu
Elaboración: upcommons.upc.edu

Figura 2.2. Curvas tensión-deformación típicas para el acero inoxidable y el acero al carbono en la condición de recocido (para tensión longitudinal).

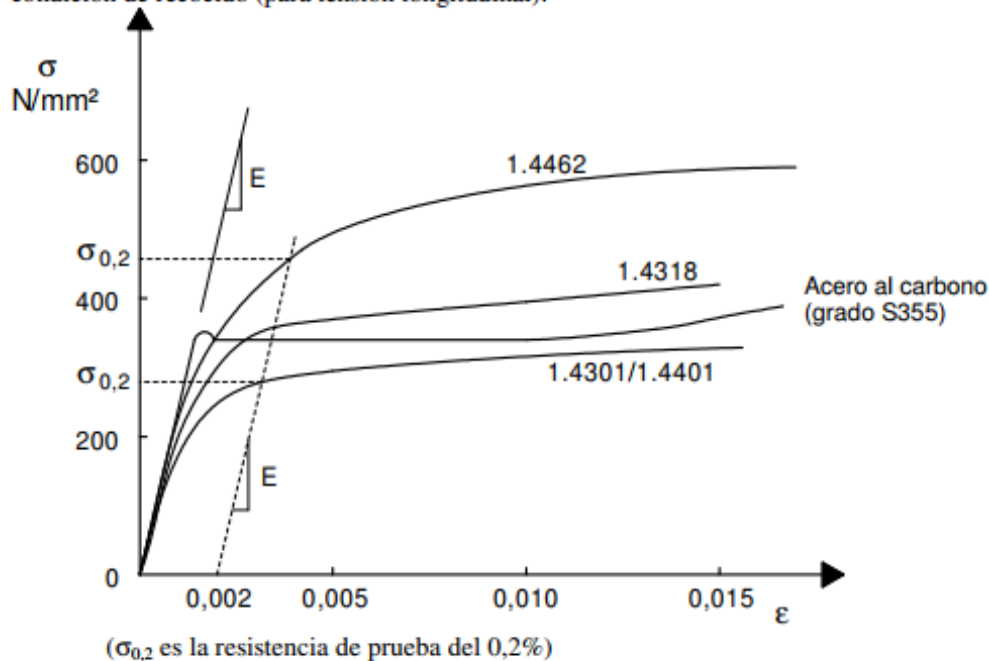


Grafico 5 Fuente: upcommons.upc.edu
Elaboración: upcommons.upc.edu

Los grados más utilizados, referidos generalmente como grados austeníticos estándares, son 1.4301 (comúnmente conocido como 304 en denominación AISI) y 1.4401 (AISI 316). Estos aceros inoxidables contienen entre un 17-18% de cromo y un 8-11% de níquel.

El grado 1.4301 es adecuado en ambientes rurales, urbanos y industriales, mientras que el 1.4401 es un grado más aleado y por tanto recomendable en ambientes marinos.

Como nuestro ambiente no es excesivamente corrosivo, ni nuestro proceso productivo tampoco, Nuestro acero elegido será un AISI-304

Toda la máquina está compuesta por acero AISI 304 a excepción de las cuchillas de corte que se fabricarán de aluminio de la serie 2, es el elemento más débil del conjunto, así en caso de introducirse un objeto metálico o relativamente duro en el interior de la máquina por error, el elemento de sacrificio será la cuchilla, reemplazándose esta en caso de rotura y así no causar ningún daño al cuerpo de la máquina ni al eje ni ningún otro elemento ya que son bastante más caros y difíciles de reemplazar que esta.

A continuación, veremos los diferentes tipos de aluminio que existen:

Serie	Designación	Aleante principal	Aplicaciones
1000	1XXX	Mínimo 99% de aluminio.	Laminados en frío, conductores eléctricos.
2000	2XXX	Cobre.	Piezas de elevadas características mecánicas
3000	3XXX	Manganeso.	Recocido, para usos que requieren buena maquinabilidad.
4000	4XXX	Silicio.	Arquitectura.
5000	5XXX	Magnesio.	Chapas de aluminio para transporte terrestre o naval.
6000	6XXX	Magnesio y Silicio.	Perfiles extruidos para carpinterías de fachadas.
7000	7XXX	Cinc.	Estructuras y partes superiores de aviones, como las alas.
8000	8XXX	Otros elementos.	Industria aeroespacial.

tabla 14 Fuente: metalvin.com

Elaboración: propia

Nosotros hemos elegido el aluminio de la serie 2, en concreto un 2030 que es un aluminio con grandes resistencias mecánicas, tanto en rotura, límite elástico y resistencia a la fatiga que son las más importantes a tener en cuenta para el buen funcionamiento de nuestra máquina.

Aluminio con cobre							
Norma E.N.	Estado de suministro	Carga de Rotura min Rm N/mm	Límite elástico min Rp 0,2N/mm	Alargamiento A 50 %	Límite de fatiga N/mm	Dureza Brinell HB HB	Peso Específico g/cm
2011	T3	280	130	15	250	95	2,84
	T4	275	125	12	250	90	2,84
	T6	310	230	6	250	110	2,84
2030	T3	350	230	8	270	115	2,82
	T4	340	220	6	260	110	2,82
2017A	T4	390	245	13	260	110	2,79
	T 451	370	240	8	260	105	2,79
2024	T3	435	290	12	280	123	2,79
	T4	425	275	12	280	120	2,79

Tabla 15 Fuente: metalvin.com

Elaboración: metalvin.com

- **Capacidad productiva**

Tras hacer un dimensionado de la producción en función de los recursos presentes (cada empresa obtiene una media de 100kg de desperdicio de cebolla al día) y la capacidad de la maquinaria repartida en un turno diario de ocho horas, cinco días a la semana, con un motor de una Potencia de 1,5 kW (2cv) y un rendimiento de 350 kg/h se obtiene una producción de 2.500kg/día con solo desperdicio de cebolla y de unos 5.000kg/día mezclándolo con restos de serrín al 50%, lo que nos da una producción anual (trabajando 1.780 h/año) de 650 toneladas de pellets de residuo de cebolla, y de 1.300 toneladas anuales de residuo de cebolla mezclado con serrín.

- **Materia prima**

Se procesará la materia prima en dos formas:

1. Residuo de cebolla de diversas zonas cercanas.
2. Restos de la industria de primera transformación (astilla y serrín).

Si los residuos de cebolla no fueran lo suficientemente altos en poder calorífico y en contenido en lignina para poder pelletizar bien el compuesto, se haría una mezcla del residuo de la cebolla con astilla y serrín ya que este componente ofrece un buen comportamiento para el pelletizado por su alto contenido en lignina.

Los aserraderos cercanos también trabajan casi en su totalidad con madera, principalmente para la fabricación de pales, por lo que se aprovecharán restos de la industria de primera transformación.

No obstante, más adelante se puede investigar en hacer mezclas con otras especies de maderas o de residuos orgánicos.

- **Eliminación de olores**

Como de todos es sabido, la cebolla no genera un buen olor en el ambiente, y muchísimo menos si esta substancia está en combustión. Aunque la piel de la cebolla está bien seca cuando la pelletizamos (nivel de humedad entre un 10% y un 12%) aun siguen presentes en el producto ciertas substancias.

Estas substancias, culpables del desagradable olor causado por la cebolla se pueden atribuir a los distintos compuestos azufrados presentes en la misma, tales como:

El ácido sulfúrico, esta substancia huele a huevos podridos en su forma más concentrada, aunque ese no es el olor percibido debido a que no es la única substancia presente en la cebolla que produce mal olor; otros productos azufrados, como el dipropildisulfuro o el alilpropildisulfuro también contribuyen en la formación del mal olor desagradable para muchos.

Como el uso de pellets está restringido a estufas especiales de pellets y estas están cerradas herméticamente, nuestro hogar, nave, piscina o lugar donde lo utilicemos no corre peligro de olor, pero si la calle donde desemboca nuestra canalización.

Para la eliminación de olores disponemos de varias opciones:

- La primera es una solución muy valenciana, consiste en la trituración conjunta de la piel de nuestro producto con un 10% de piel de naranja o limón bien seca. Esta piel seca, gracias a los aceites que contiene prende muy bien y al ser quemadas desprenden un olor muy agradable que mata por completo el olor de la cebolla. El problema, es que para el volumen de piel de cebolla que vamos a manejar necesitaríamos unos 240kg de esta piel seca al día, cosa bastante inviable, sobre todo cuando no es temporada de esta fruta.



Imagen 54: Piel de naranja



Imagen 55: Toneladas de piel de naranja tirada

- La siguiente y muchísimo más factible opción es la utilización de filtros de carbón activo a la salida de nuestro conducto a la calle. El carbón activado o carbón activo es carbón poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido. Lo hace con tal efectividad, que es el purificante más utilizado por el ser humano. Es 99% eficaz para la deodorización y purificación de aire (por ejemplo, en respiradores de cartucho, sistemas de recirculación de aire en espacios públicos, casetas de aplicación de pinturas, espacios que almacenan o aplican solventes orgánicos...) y es una opción muy económica, siempre dependiendo del tamaño de la estufa, pero para hacerse una idea una estufa de pellets de 10 kW, expulsa un caudal de aire de unos 20m³/h por quilo de pellet, y consume entre 800g y 2,5 kg de pellet a la hora, por lo tanto como máximo expulsaremos un caudal de 50m³/h.

Los filtros de carbón activo para extracción de aire rondan los 30€ para extracciones de hasta 200m³/h, valores muy por encima de los que necesitamos.

Dicha cama de carbón retendrá con total eficacia los contaminantes orgánicos durante 24 meses. No obstante, eliminará la mayoría de las sustancias libres durante más de tres años.



Imagen 56: Carbón activo



Imagen 57: Filtros de carbón activo



5.1.6 Costes de mano de obra

En este apartado, haremos una descripción del modo de fabricación de cada pieza de la máquina.

- **Cuerpo de la máquina**

El Cuerpo de la máquina viene comercialmente con las medidas correctas (500X300X5mm) en acero AISI 304, aunque tendremos que hacer la adaptación para albergar el tamiz y los taladros para la sujeción de las placas dentadas.

La encargada de hacer el trabajo será una máquina de control numérico (CNC), pero primero cortaremos gran parte del material apurando al máximo (pero siempre con margen de seguridad) con una radial con disco para acero inoxidable para que tenga que desbastar el mínimo material posible con la fresa de la máquina CNC. Podríamos cortarlo con laser o oxicorte, pero el proceso sería mucho más lento y caro y el acabado no da lo mismo porque se va a acabar con CNC que dejará un acabado perfecto.

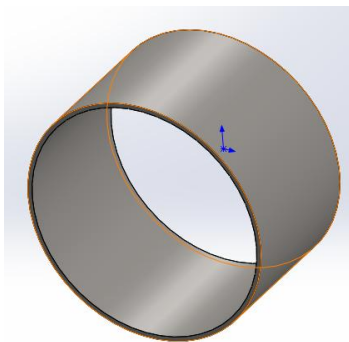


Imagen 58: Cuerpo base



Imagen 59: Radial

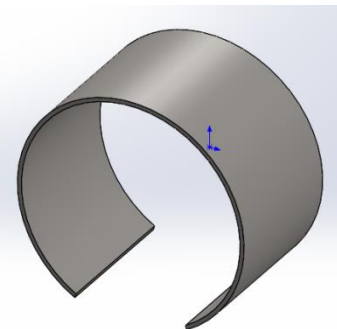


Imagen 60: Cuerpo Cortado

Una vez hemos desbastado todo el material posible entra en juego el CNC (en este caso una HASS VF-1), programando las zonas de corte y con la herramienta adecuada (fresa circular) mecanizamos los apoyos del tamiz.



Imagen 61: Centro CNC

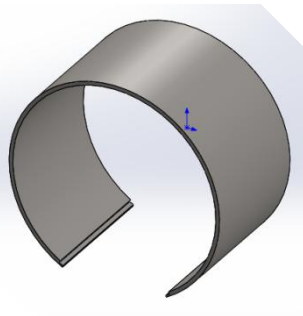


Imagen 62: Cuerpo mecanizado

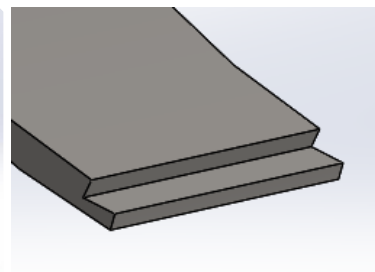


Imagen 63: Detalle mecanizado

Una vez fresados los labios de la pieza pasaremos a taladrar todos los agujeros encargados de la sujeción de la placa dentada. Esta operación también la haremos con la HASS marcando bien las posiciones en los ejes X, Y, Z para que casen exactamente con los de la placa dentada.

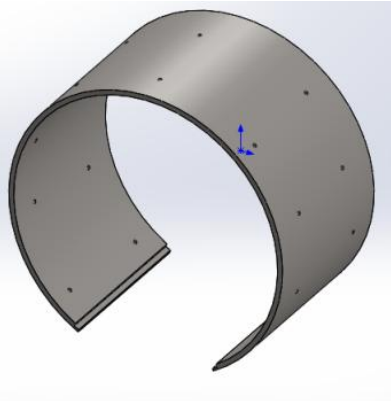


Imagen 64: Fresa Imagen 65: Cuerpo taladrado Imagen 66: Fresa y broca en su porta

- **Cierre de la máquina (Parte trasera)**

La parte trasera de la máquina se obtendrá a partir de una chapa de acero AISI 304 con las siguientes medidas 500X500X7mm. El corte se hará mediante corte por laser, ya que tienen que ser cortes precisos y con un buen acabado, podrían hacerse mediante otros métodos como con CNC, oxicorte o corona dentada, pero en el CNC el corte sería muy lento y caro. Por oxicorte que sería más barato el acabado deseado no sería bueno y con la corona dentada para los dos agujeros centrales sería lo ideal, pero el cuerpo de diámetro 500 tendríamos que hacerlo por laser debido a su gran tamaño, por lo que lo haremos todo en laser.

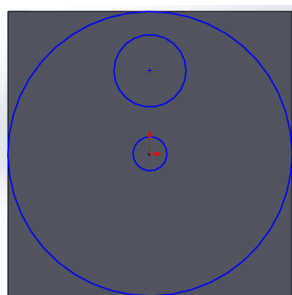


Imagen 67: Marcado corte Imagen 68: Corte por laser Imagen 69: Pieza cortada

- **Puerta de la máquina (Parte delantera)**

La parte delantera de la máquina se obtendrá del mismo modo que la trasera, a partir de una chapa idéntica y con el mismo modo de corte.

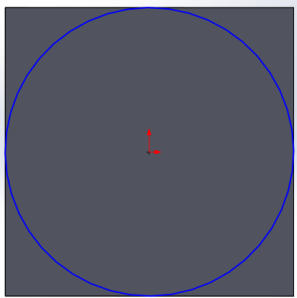


Imagen 70: Marcada corte

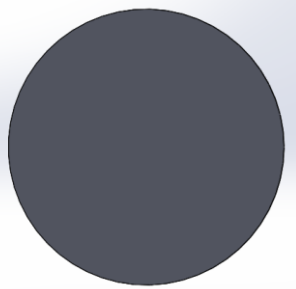


Imagen 71: Pieza cortada

- **Dentado de la máquina**

El dentado de la máquina es la parte más compleja del conjunto. Lo obtendremos a partir de un tubo como el del cuerpo de la máquina, con el mismo material, aunque con unas medidas un poco diferentes 495X290X10 para que pueda caber dentro de este. El proceso de fabricación será el siguiente.

Lo primero será cortar la parte inferior donde se aloja el tamiz ya que para el dentado esta parte es inexistente e inútil, luego cortaremos en 4 partes las piezas, primero por comodidad de fabricación, segundo porque así si se estropea alguna parte del dentado solo sustituiremos la parte afectada y no todo el bloque.

Estos cortes no los haremos con sierra eléctrica como hicimos con el cuerpo de la máquina, ya que estos cortes tienen que ser precisos para que las cuatro partes del dentado encajen a la perfección sin dejar huecos ni ranuras. Estos cortes los haremos por láser, aunque tampoco será una máquina como la de las partes de cierre, para estos tipos de corte necesitamos una máquina de corte mucho más grande para que la pieza quepa dentro de la máquina.

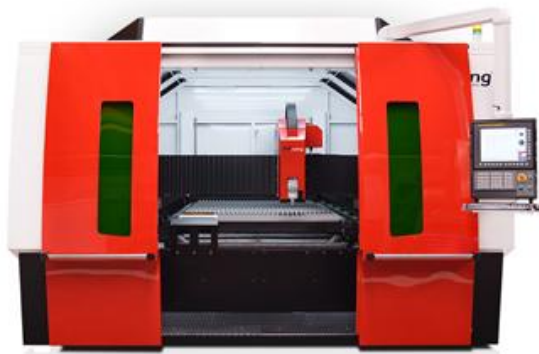


Imagen 72: Cortadora laser 3D



Imagen 73: Cortadora laser

Una vez metidos los parámetros en la máquina y realizados los cortes en la pieza, nos quedará unas piezas como estas.

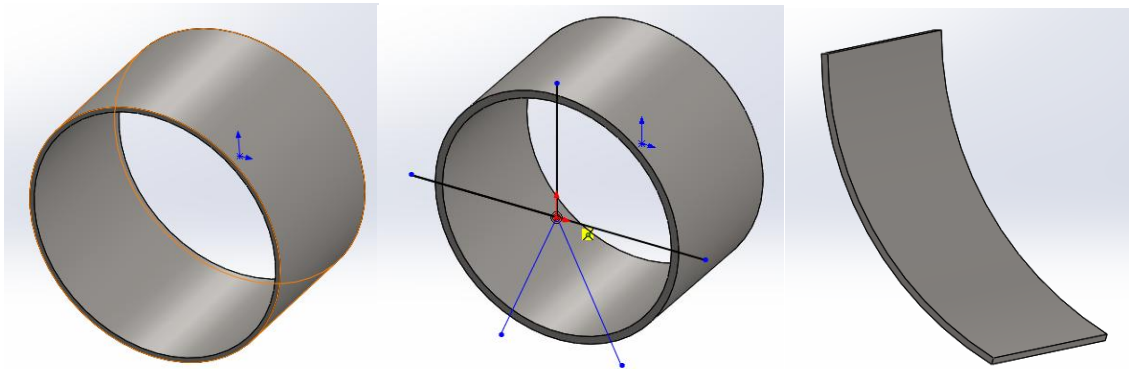


Imagen 74: Cuerpo dentado Imagen 75: Cuerpo dentado marcado Imagen 76: Pieza cortada

La siguiente operación será hacerle el dentado a la máquina, para esta opción ya no podemos hacerla por laser ni oxicorte ni nada parecido ya que estas técnicas traspasan el material.

La opción elegida será con un centro CNC con fresas de disco con plaquetas intercambiables, con el mismo método que se fabrican los engranajes (método más rápido que con las viejas fresas de disco convencionales). Podría haberse hecho con máquina de electroerosión EDM por hilo, aunque este método sería muy lento y debido al tiempo sería muy caro.

La velocidad de corte del hilo es de $400\text{mm}^2/\text{min}$ con hilo de $0,33\text{mm}$ ($24.000\text{mm}^2/\text{h}$) cada diente tiene $290 \times 5 = 1.450\text{mm}^2$, por 250 dientes que tienes todo el conjunto 362.500mm^2 para cortar, por lo tanto, la máquina tardaría 15 horas en finalizar los cortes, un gasto inviable. La velocidad de corte de estas fresas en acero AISI 304 con una profundidad de 5mm es de aproximadamente 1000mm por minuto ($60.000\text{mm}/\text{h}$) por lo que tardaría 6h en hacer todo el proceso.

Por último, haremos los alojamientos de los tornillos que sujetan la placa al cuerpo.



Imagen 77: Fresa multiplaqueta

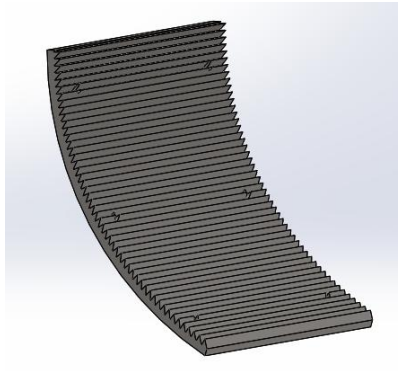


Imagen 78: Dentado finalizado

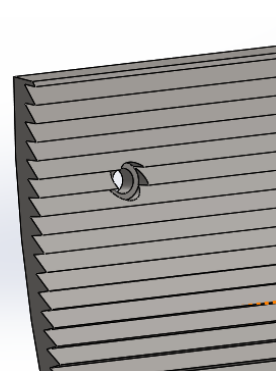


Imagen 79: Detalle rebaje

- **Cuerpo del eje**

Esta pieza consta de un tubo hueco por donde pasa el eje por dentro. El interior es un poco más grande que el eje para que este no roce con él y pueda girar (eje 25mm y interior 27) ya que el giro lo hace mediante los rodamientos.

Lo primero que debemos de hacer es con ayuda de un torno, bien sea manual o CNC, hacer el alojamiento en ambas partes de los rodamientos bien ajustadas para que estos entren a presión.

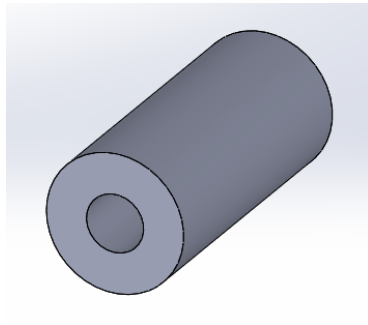


Imagen 80: Cuerpo eje comercial



Imagen 81: Torno

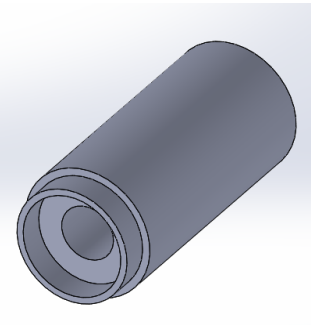


Imagen 82: 1º alojamiento

Una vez tenemos los alojamientos de los rodamientos finalizado, hacemos dos muescas en cada parte de los alojamientos de los rodamientos para poder meter las garras del extractor y poder quitar los rodamientos con seguridad en caso de fallo o rotura de alguno.

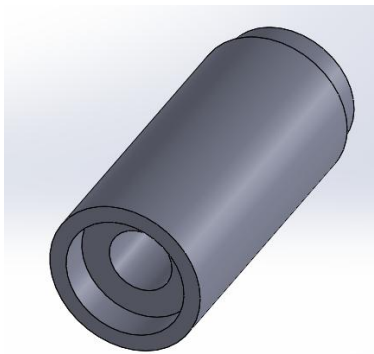


Imagen 83: 2º alojamiento

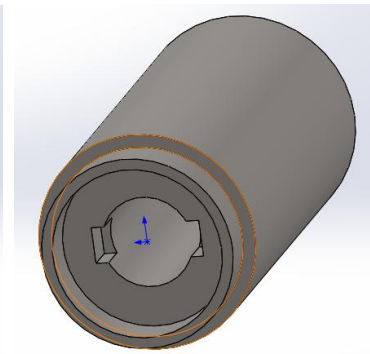


Imagen 84: Rebaje para extractor

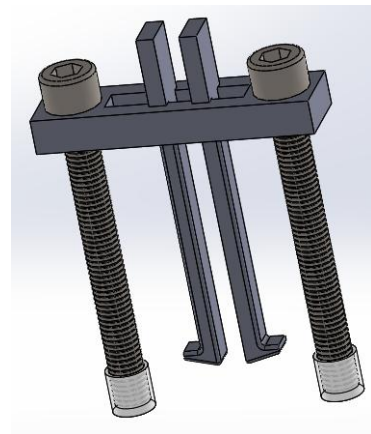


Imagen 85: Extractor

- **Eje de la cuchilla**

Para la fabricación del eje partimos de una barra de acero AISI 304 de 25X300mm. Lo primero que haremos es cortar el eje con una sierra eléctrica y dejarlo a 270mm de largo para luego ajustarle la longitud con el torno a 265mm y que esta no tenga que hacer todo el trabajo que es más costoso.

Una vez finalizado rebajaremos la parte trasera del eje para dar apoyo a la polea y por ultimo realizaremos los taladros para dar por una parte la sujeción necesaria al cuerpo de la cuchilla y por la otra a la polea.

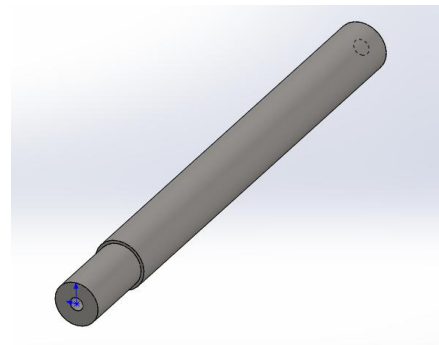
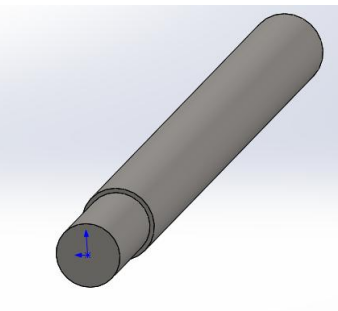
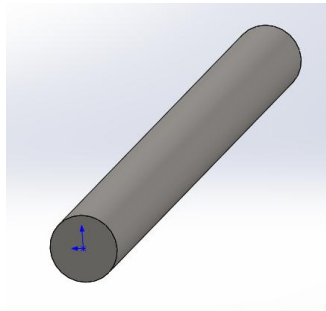


Imagen 86: Barra de acero Imagen 87: Rebaje apoyo polea Imagen 88: Taladro

Una vez acabamos el trabajo con el torno meteremos la pieza en el centro CNC para realizarle las hendiduras para las chavetas con ayuda de una fresa.

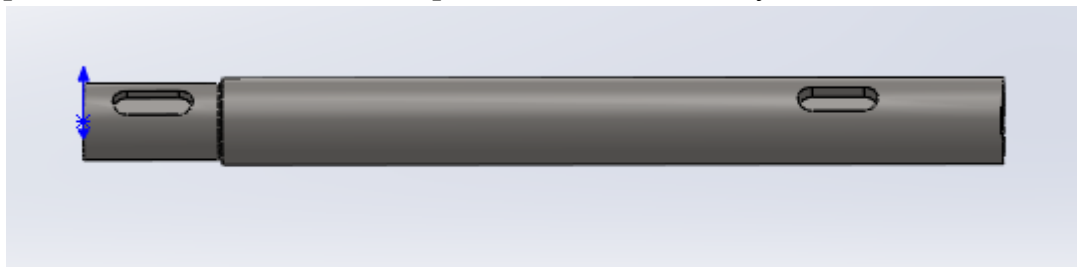


Imagen 89: eje finalizado

- **Cuerpo de la cuchilla**

Para este elemento empezaremos a partir de un tubo de acero AISI 304 de 60X80. Lo primero que haremos es hacerle un agujero en el centro con el torno con una broca primero de 10mm luego de 18mm y finalmente de 25mm por donde pasará el eje por dentro. Más tarde le realizaremos un rebaje frontal con una herramienta de plaquetas. Una vez realizado en el mismo torno realizaremos el mecanizado de la chavetera con una brochadora.

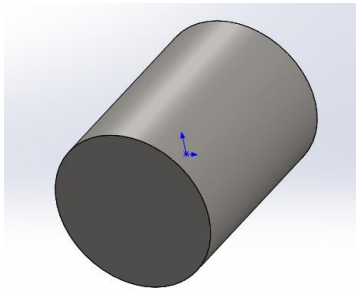


Imagen 90: Barra de acero

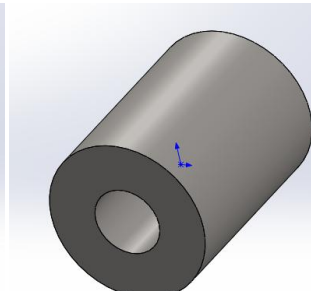


Imagen 91: Taladro central



Imagen 92: Brochadoras

Realizados todos los trabajos en el torno, pasaremos la pieza al centro CNC para realizarle las hendiduras con una fresa para los alojamientos de las aletas de las cuchillas y así, poder soldar estas al cuerpo con facilidad y seguridad.

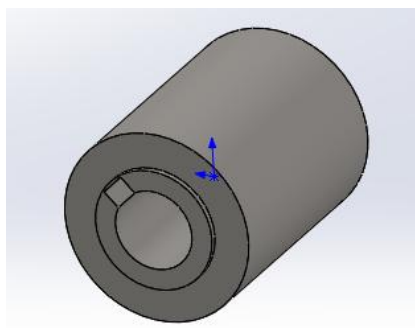


Imagen 93: Chavetera realizada

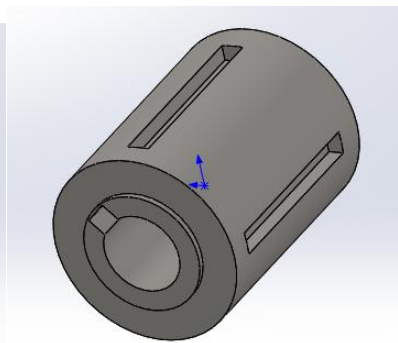


Imagen 94: Ranuras para las aletas

- **Aletas de las cuchillas**

La fabricación de estas partes es muy sencilla, simplemente la barra ya viene con el ancho y grosor correctos, lo único que tenemos que tener en cuenta es a la hora de cortar cada una de las aletas dejar unos tres milímetros de margen de material de más que es el material que se come la sierra al cortar. Como la barra viene con la medida estándar podemos sacar cinco aletas así tendremos una de recambio.

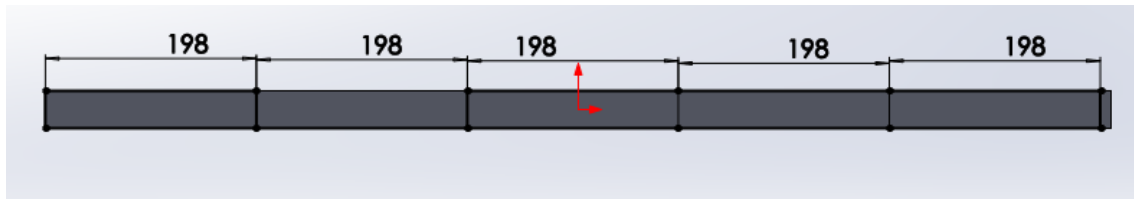


Imagen 95: Barra de acero 1200mm

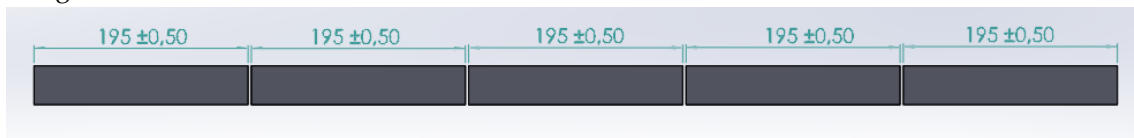


Imagen 96: Barra de acero dividida en cortes

Cuando las tengamos cortadas a la medida correcta le realizaremos los taladros (con un taladro de columna) para poder sujetar las cuchillas a las aletas y para finalizar le realizaremos un avellanado a cada taladro para que no sobresalga el tornillo en estos.

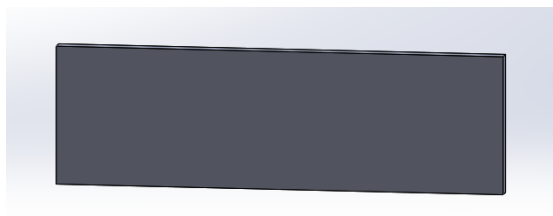


Imagen 97: Aleta cortada

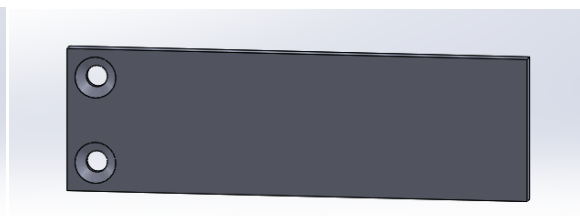


Imagen 98: Aleta taladrada y avellanada

Terminados todos los elementos del cuerpo de la cuchilla procederemos a soldar las aletas al cuerpo. La soldadura la realizaremos mediante soldadura laser y no con TIG ya que esta primera es mucho más perfecta que la TIG y el material puede penetrar mucho más adentro con un cordón más fino.

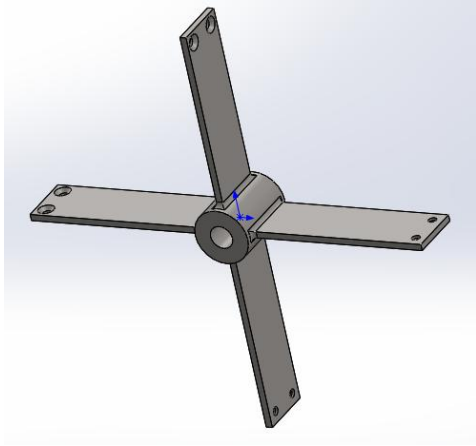


Imagen 99: Cuerpo soldado a cuchillas

Imagen 100: Soldadura laser

- **Cuchillas**

Seguiremos el mismo procedimiento que hemos seguido para cortar las aletas.

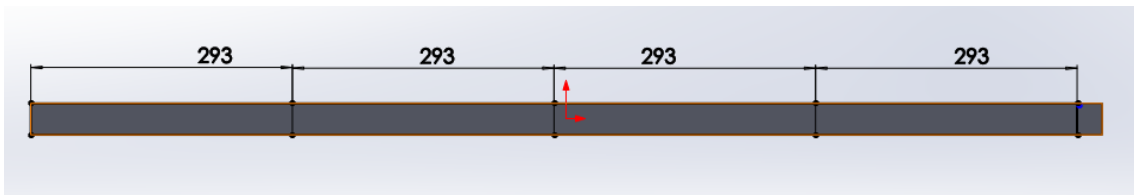


Imagen 101: Barra de aluminio 1.200mm



Imagen 102: Barra de aluminio dividida en cortes

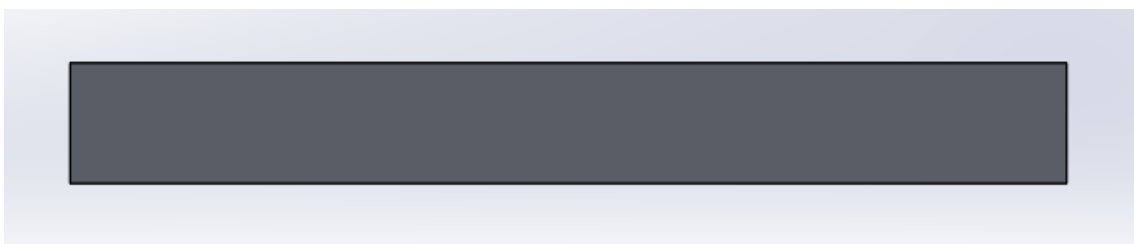


Imagen 103: Cuchilla cortada

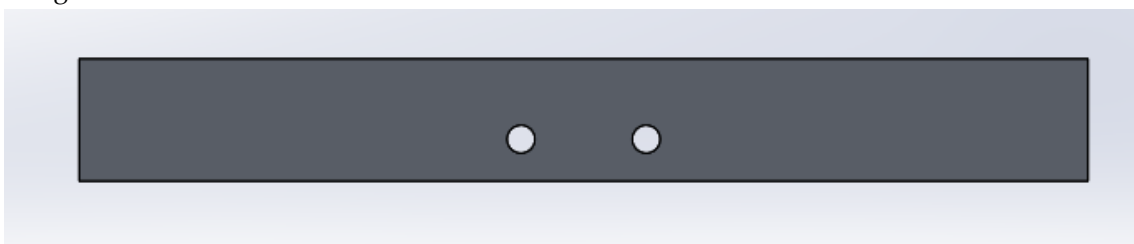


Imagen 104: Cuchilla taladrada

- **Tubo de entrada de material**

Este material nos viene de fábrica con unas medidas estándar de Dext121XDint115X250, lo primero que vamos a hacer es cortar el tubo por la mitad en dos partes para realizar las dos piezas que nos hacen falta. Lo cortaremos con una sierra eléctrica.

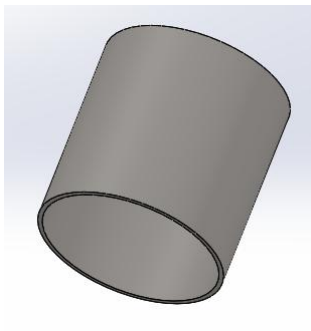


Imagen 105: Tubo base



Imagen 106: sierra de corte

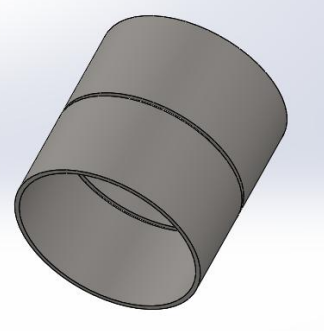


Imagen 107: Tubo cortado

Una vez cortados en dos partes las marcaremos con el ángulo adecuado de corte y las cortaremos también con la sierra. Obtenidas las dos partes con el ángulo adecuado procederemos a soldar las dos partes, esta vez sí que soldaremos con TIG ya que con esta manera de soldar nos es más que suficiente

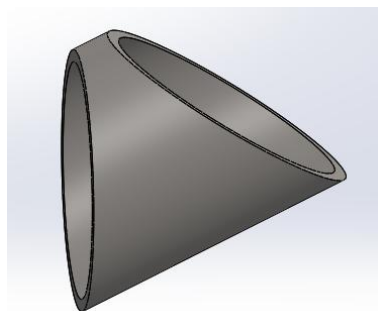


Imagen 108: 1ª Parte del tubo

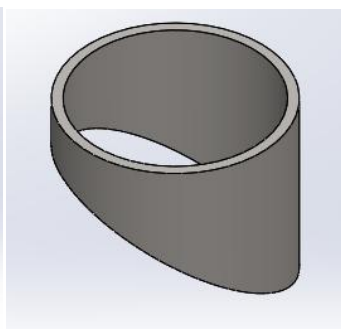


Imagen 109: 2ª Parte del tubo

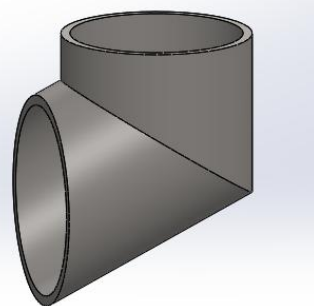


Imagen 110: Conjunto finalizado

- **Conjunto tensor**

Este conjunto es muy sencillo. Simplemente se compone de dos placas de acero AISI 304. Podríamos haberlas construido con acero AISI 201 que es más resistente que este último, pero mucho menos resistente a la corrosión y para la fuerza que tiene que aguantar con este acero nos sobra, ya que en ningún momento pone en entredicho la resistencia del sistema.

Simplemente se trata de dos tuercas de métrica 8 soldada a la parte de arriba de la placa que soporta el motor, esta placa por su parte inferior está apoyada en otra placa soldada a la bancada.

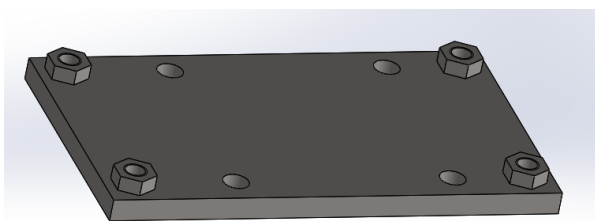


Imagen 111: Placa soporte motor

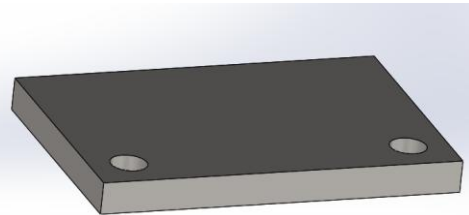


Imagen 112: Placa soldada a la bancada

Mediante cuatro tornillos de cabeza hexagonal hueca y cuatro tuercas apretando y aflojando estas se puede regular la altura de la placa de arriba para darle más tensión o menos a la correa, bien sea para tensarla si esta destensada o para poder montarla y desmontarla con facilidad.

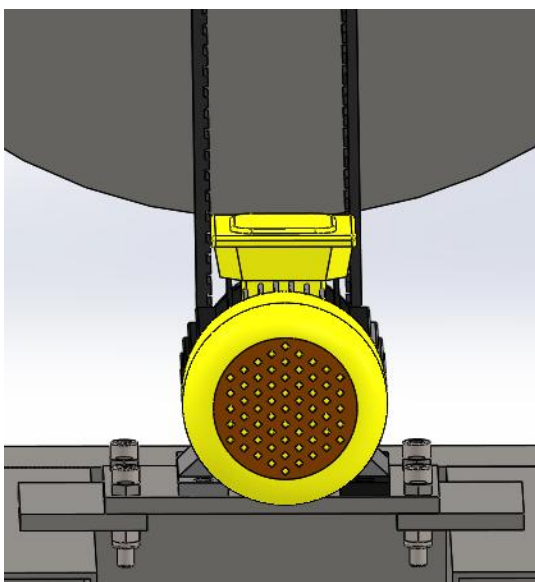


Imagen 113: Conjunto Tensado

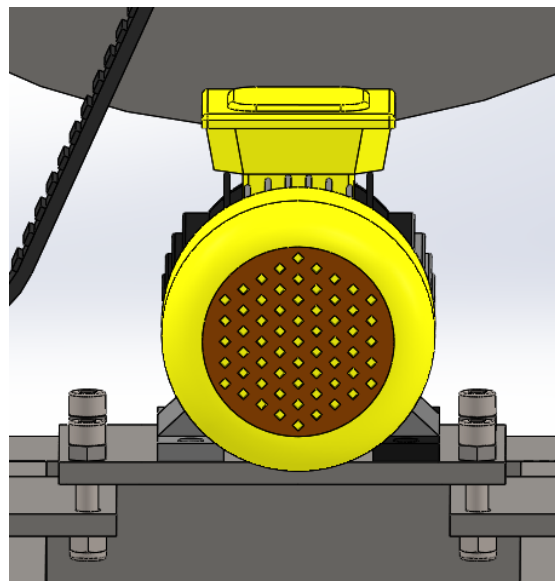


Imagen 114: Conjunto destensado con correa soltada

- **Bancada**

Esta Pieza nos viene como una barra del grosor adecuado 60X54, pero nos viene con una longitud de 6.000, la cual simplemente tenemos que cortar todos los tubos a las medidas que necesitamos, eso sí, dejando siempre los 3mm de mas que se come la sierra para no hacer las piezas 3mm más pequeñas.

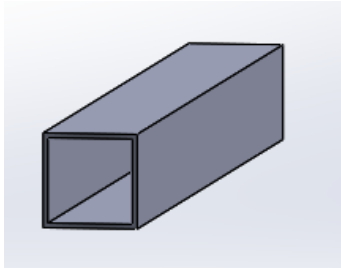


Imagen 115: Tubo base



Imagen 116: Soldadura con TIG

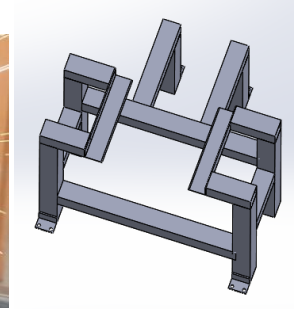


Imagen 117: Bancada finalizada

6 Resultados finales

El resultado final es una máquina de acero inoxidable AISI 304, con unas dimensiones de 708 mm ancho x 680 mm largo x 1.056 mm alto, con unas producciones de 350kg/h de pellet.

Propiedades del triturador

Masa = 109.436,20 g

Volumen = 15.442.216,47 mm³

Área de superficie = 6.658.852,84 mm²

Centro de masa: (mm)

X = -35,14

Y = -126,16

Z = 545,40

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (g * mm²)

Medido desde el centro de masa.

I_x = (0.00, 0.99, 0.15)

P_x = 6250838283.49

I_y = (-1.00, 0.00, -0.01)

P_y = 10516489770.46

I_z = (-0.01, -0.15, 0.99)

P_z = 12239638192.35

Momentos de inercia: (g * mm²)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas de resultados.

L_{xx} = 10516591295.87

L_{xy} = -8085046.05

L_{xz} = 12742694.08

L_{yx} = -8085046.05

L_{yy} = 6379091156.19

L_{yz} = 866929155.63

L_{zx} = 12742694.08

L_{zy} = 866929155.63

L_{zz} = 12111283794.23

Momentos de inercia: (g * mm²)

Medido desde el sistema de coordenadas de salida.

I_{xx} = 44811359640.90

I_{xy} = 477090589.01

I_{xz} = -2084767005.37

I_{yx} = 477090589.01

I_{yy} = 39067276934.78

I_{yz} = -6662923864.17

I_{zx} = -2084767005.37

I_{zy} = -6662923864.17

I_{zz} = 13988166616.94

Fuente: solidworks

Elaboración: propia

7 Estudio económico

Analizada la investigación de la industria, su maquinaria y sus procesos productivos, pasamos a estudiar su viabilidad económica y financiera para el desarrollo de la actividad.

Adentrándonos en la financiación del proyecto, no vemos necesario recurrir a una fuente de financiación ajena, por lo que no vamos a solicitar ningún préstamo, ya que si en algún momento observamos posibles desajustes de tesorería, podríamos estimar oportuno la póliza de crédito

7.1 Coste total de la máquina

En nuestro plan de inversiones cabe destacar la partida destinada a la amortización de Inmovilizado Intangible. Este concepto se le atribuye a la inversión de la maquinaria, que a pesar de ser de segunda mano en cuyo caso podríamos aplicarle sobre el precio de adquisición el doble del coeficiente máximo establecido en tablas, aplicaremos un coeficiente de amortización del 10% anual durante un periodo de 20 años.

A continuación, pasamos a detallar el coste total de la máquina, desglosando los costes de cada material que la compone, así como los respectivos costes de mano de obra y maquinaria necesarios para su funcionamiento.

7.1.1 Coste de los materiales

Descripción del material	Unidades	precio	total
Cuerpo de la máquina	1 tubo 500X300X5	104,43€	104,43€
Dentado máquina	1 tubo 495X290X10	192,96€	192,96€
Tamiz máquina	1	19,99€	59,97€
Eje cuchilla	25X300	8,38€	8,38€
Cuerpo cuchilla	1 tubo 60X80	16,6€	16,6€
A la porta cuchilla	1 chapa 300X300X7	12,6€	12,6€
cuchilla	1XPletina 1.200X35X10	10€	10€
Alojamiento eje y rodamientos	1 tubo 130X62	24,9€	24,9€
bisagra	2	4,54€	9,08€
Tubos cuadrados bancada	1 Tubo 60X60X3X6.000	43,91€	43,91€
Pletinas bancada	4 60X60 en L	2,4€	9,6€
Pletina soporte motor	2 chapas 90X60X8	3,2€	7,4€
Pletina apoyo motor	1 chapa 160X90X8	7,80€	7,8€
Tapa máquina	1 chapa 500X500X7	24€	24€
Cierre trasero	1 chapa 500X500X10	32€	32€
Tubo entrada material	Dext121XDint115X250	17,98€	17,98€
Motor 1,5KW	1	126,17€	126,17€
Poleas 110mm	2	16,91€	33,82€
Correa trapezoidal	1	21,09€	21,09€
Rodamientos SKF	2	7,36€	14,72€
Total		755,91€	

Tabla 16 Fuente: Diversas
Elaboración: propia

7.1.2 Costes de fabricación

En este apartado, reflejaremos los tiempos de producción empleados en cada una de las máquinas para la fabricación de las diferentes piezas que componen nuestro triturador y así poder obtener los costes de fabricación.

Procesos de fabricación	27 horas		
Cuerpo triturador	2 horas		
Corte radial	30 mins		
Corte bisel CNC	1 hora		
Taladros CNC	30 mins		
Tapa delantera y trasera	1 hora		
Corte laser	1 hora		
Dentado	8 horas		
Corte laser grande	1 hora		
Corte dentado CNC	6 horas		
Taladro y alojamientos CNC	1 hora		
Cuerpo porta rodamientos	1.5 hora		
torneado	30 mins		
Chavetero CNC	1 hora		
Eje cuchilla	1.5 hora		
torneado eje	30 mins		
Chavetero CNC	1 hora		
Cuerpo cuchilla	2 horas		
Torneado y chavetero	1 hora		
Hendiduras aletas CNC	1 hora		
		Aletas	1 hora
		corte con sierra	30 mins
		Avellanado con taladro	30 mins
		Cuchillas	1 hora
		Cortar con sierra	30 mins
		Taladrar	30 mins
		Tubo entrada material	1 hora
		Corte con sierra	30 mins
		Soldadura TIG	30 mins
		Bancada	6 horas
		Corte con sierra	2 horas
		Soldadura con TIG	4 horas
		Bisagras	2 horas
		Soldar bisagra cuerpo TIG	30 mins
		Soldar apoyo bisagra puerta T	30 mins
		Soldar cierre cuerpo	30 mins
		Soldar cierre puerta	30 mins

Tabla 17 Fuente: Project 2013

Elaboración: propia

Costes de fabricación

Máquina utilizada	€/h máquina	Horas totales	Precio total
Centro CNC	42€	11	462
Corte laser	36€	2	72
Corte laser grande	62€	1	62
Torno	32€	2	64
Sierra cinta	18€	3.5	63
Taladro columna	18€	1	18
TIG	24€	6	144
Radial	18€	0,5	9
total		27	894€

Tabla 18 Fuente: propia

Elaboración: propia

7.1.2.1 Procesos de la fabricación

Seguidamente indicaremos los pasos de fabricación a seguir por los dos empleados encargados de construir la máquina empleada en el proceso productivo.

Nuestro Horario de trabajo será de 9:00 a 13:00 y de 15:00 a 19:00 de lunes a viernes.

Por lo tanto, entre los dos empleados tardaríamos 14h en fabricar los componentes de nuestra máquina.

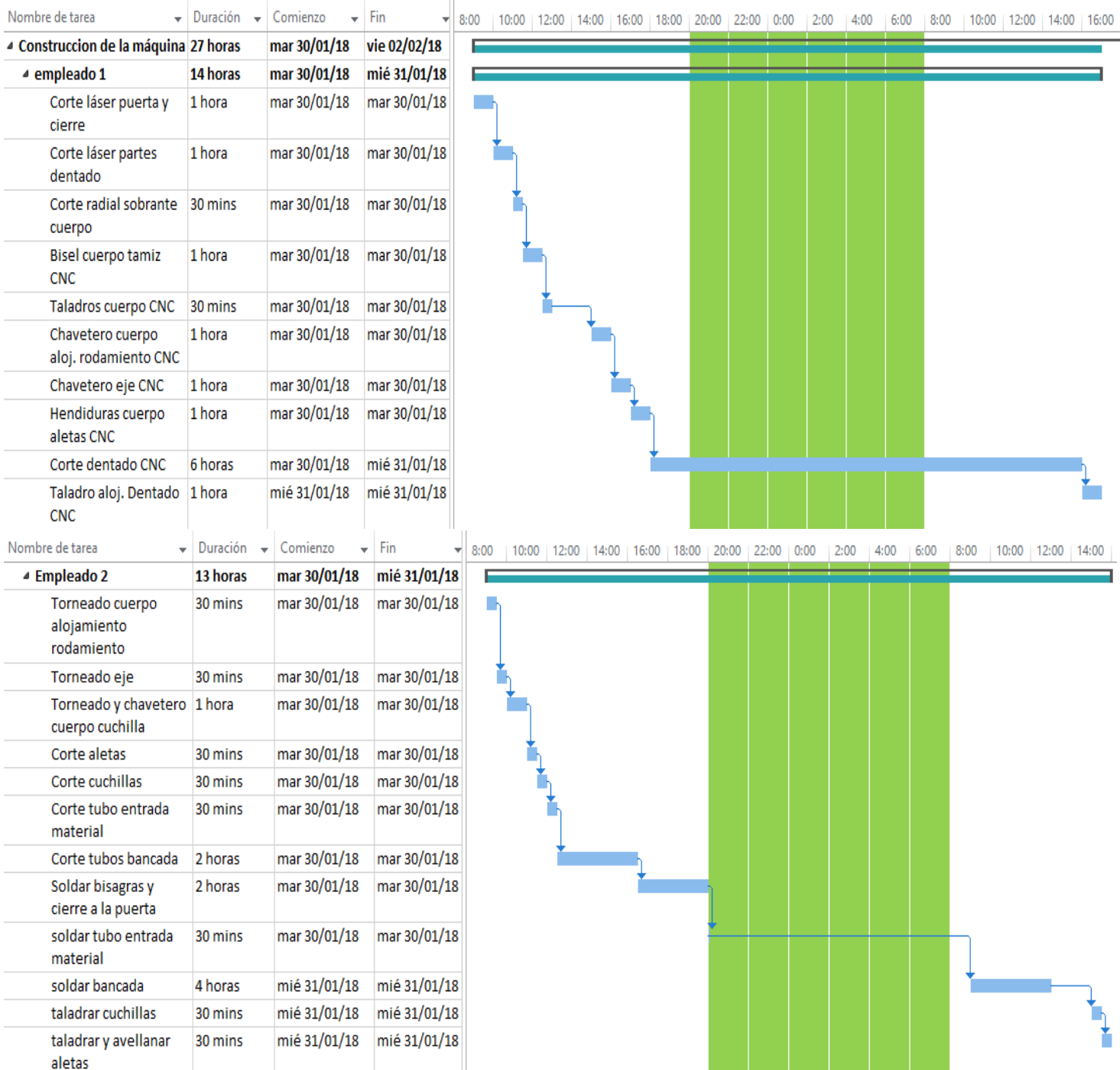


Grafico 6 Fuente: lopezorozco.com

Elaboración: lopezorozco.com

7.1.3 Coste ensamblaje de la máquina

Una vez tenemos todos los elementos y piezas de la máquina, ya sean fabricados por nosotros o comprados debemos pasar a la parte del montaje y ajuste de todos los elementos.

7.1.3.1 Procesos de ensamblaje

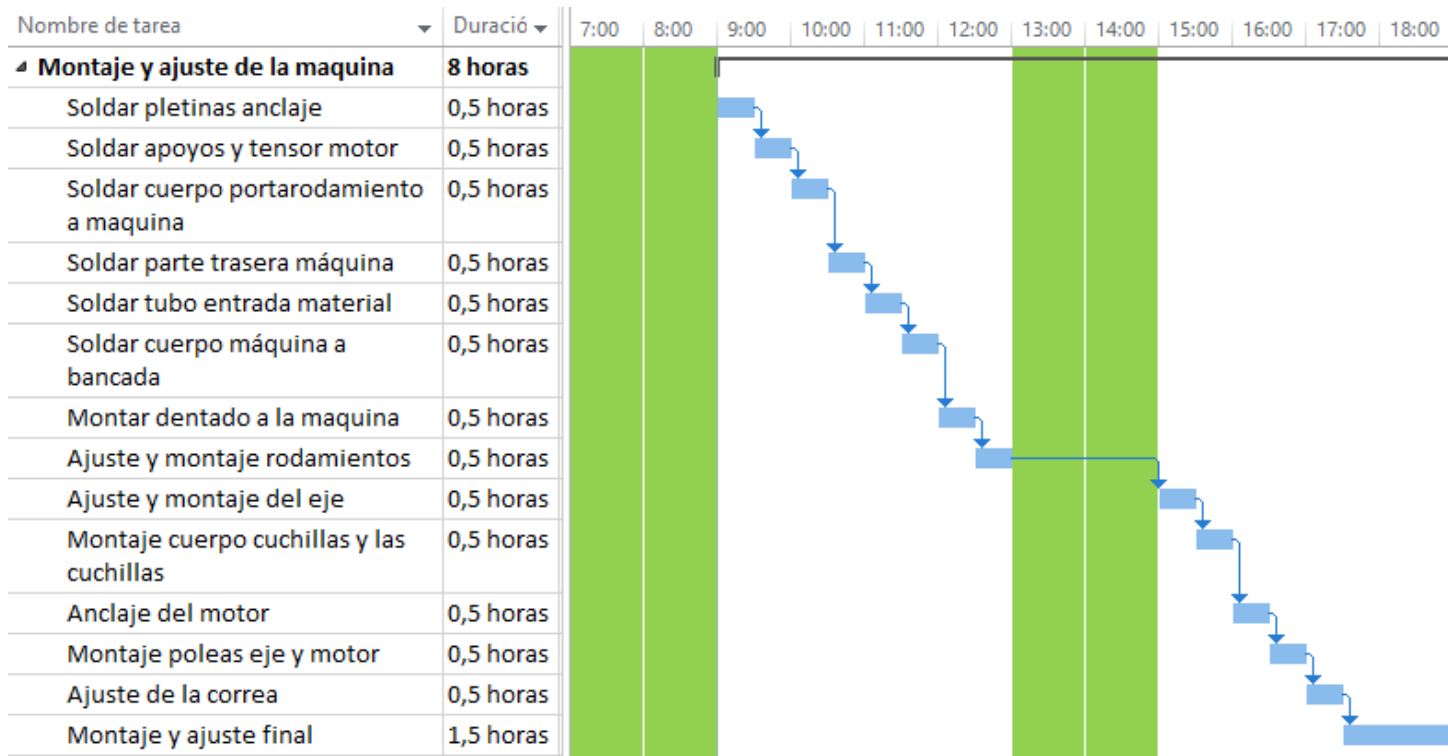


Grafico 7 Fuente: lopezorozco.com
Elaboración: lopezorozco.com

Costes de ensamblaje

Máquina utilizada	€/h máquina	Horas totales	Precio total
TIG	24€	3	72
Operario	18€	5	90
total		8	162€

Tabla 19 Fuente: propia
Elaboración: propia

7.1.4 Costes totales de la trituradora

Coste material	Coste fabricación	Coste montaje	Coste total
755,91	894	162	1811,91

Tabla 20 Fuente: propia
Elaboración: propia

7.1.5 Inversiones en otras máquinas

En este apartado vamos a obtener el precio de todas las máquinas necesarias para la fabricación de pellets. El precio de todos los componentes nuevos ronda los 400.000€, debido al elevado coste y a la imposibilidad de esta compra, buscaremos los mismos elementos de segunda mano para poder llevar a cabo el proyecto y hacerlo viable.

En internet se venden plantas enteras de segunda mano por 150.000€, con el montaje incluido, para producciones de hasta 700kg/h.

Aunque podemos hacerlo aún más barato, comprando las máquinas por separado para producciones más ajustadas a la nuestra y luego contratar a una empresa especializada en el montaje de este tipo de maquinarias. El montaje y puesta en marcha no suele costar más de 5.000€. A continuación, mostraremos el precio de cada máquina por separado.

Coste de las máquinas

Maquinaria	Características	Precio
Secadora aire caliente	Secado UV y aire caliente por pellet, de 50° a 150°, Hasta 1.500kg/h	9.000€
Pelletizadora	21Hp, Hasta 450kg/h	6.800€
Enfriador	Hasta 2.000kg/h	8.000€
Pesadora Ensacadora	Ensacado automático, cierre por sellado térmico, hasta 15 sacos min. de 15kg.	11.000€
Cinta transportadora X 2	5m largo, hasta 2m alto	800€ X 2 = 1.600€
Cinta transportadora	8m largo, hasta 5m alto	1.100€
Fenwick	Hasta 2.000kg, motor gasolina	5.500€
Montaje de la planta	Montaje y puesta en marcha	5.000€
total		48.000€

Tabla 21 Fuente: propia
Elaboración: propia

Fotografías de la maquinaria de segunda mano



Imagen 118: Secador UV y aire caliente por pellet



Imagen 119: Pelletizadora 450kg/h



Imagen 120: Enfriador hasta 2.000kg/h



Imagen 121: Cinta transportadora



Imagen 122: Ensacadora automática



Imagen 123: Carretilla todoterreno hasta 2.000kg

7.1.6 Costes fijos

En el siguiente apartado vamos a calcular los costes fijos mensuales que tendrá nuestra empresa, es decir, la estimación de luz que gastamos al mes, sueldos de empleados, combustibles, etc. así como los beneficios que obtendremos a final de mes, para así poder estudiar la viabilidad de nuestro proyecto de inversión y su rentabilidad económica.

Eléctricos

Vamos a calcular el coste en euros de nuestra nave, sabiendo los kW/h que consumen nuestras máquinas y que el precio del kW es de 0,14638€/kW/h vamos a obtener el consumo en euros al mes.

Lo que vamos a hacer es multiplicar el precio del kW de cada máquina, por 8 horas diarias, por 22 días al mes de trabajo, por el precio del kW.

$$\text{kW/h máquina} \times 8\text{h} \times 22\text{días} \times 0,14638\text{€ kW/h} = \text{€ al mes}$$

Consumidores	Consumos	Coste al mes
Secadora aire caliente	18kW/h	18X8X0,14638x22=454,96€
Pelletizadora	16kW/h	16X8X0,14638x22=404,58€
Enfriador	1kW/h	1X8X0,14638x22=25,3€
Pesadora Ensacadora	6kW/h	6X8X0,14638x22=151,58€
Cinta transportadora X 2	0,5kW/h x 2 = 1kW	1X8X0,14638x22=25,3€
Cinta transportadora	0,5kW/h	0.5X8X0,14638x22=12,54€
Triturador	1,5kW/h	1.5X8X0,14638x22=37,84€
Iluminación	17kW/h	17X8X0,14638x22=374€
Total al mes		1486,1€ al mes

Tabla 22 Fuente: propia
Elaboración: propia

Sueldos y salarios

Otro coste a tener en cuenta en nuestro proceso productivo es la partida destinada a la seguridad social y a los sueldos y salarios de los empleados.

En nuestro caso, al tener un volumen de trabajo bastante bajo que oscila alrededor de unos 160 sacos al día, al principio sólo contaremos con tres empleados; Uno que se ocupará de toda la planta de pelletizado, el motivo de esto es debido que al estar todo automatizado menos la carga de material nos basta con un solo empleado, otro para el transporte del material y por último el encargado general, que será también quien se ocupe de la administración.

El salario del trabajador de planta recibe acorde al convenio colectivo un salario bruto individual de 1.232€, estando las pagas extraordinarias, prorrateadas en cada mensualidad.

Del salario bruto del trabajador de planta debemos restarle las siguientes cotizaciones asumidas por el trabajador, las cuales suman un total de 89,31€ que de forma anual supone un coste para el empleado de 1071,72€;

- Cotización por desempleo al tipo general 1,55%=19,09€
- Cotización por contingencias Comunes 4,70%=57,90€
- Cotización por formación profesional 0,10%=12,32€

La cotización por IRPF del 15% son 184,80€ mensuales, lo que supone un total de 2217,60€ anuales por empleado de planta

La seguridad social a cargo de la empresa es del 33%, lo que supondría un coste para un empleado de planta de 406,56 € mensuales siendo de 4878,72 € anuales.

Los mismos cálculos realizados anteriormente para el trabajador de planta, pueden aplicarse tanto para el chofer como para el encargado.

Empleado	Salario bruto al mes
Trabajador planta	1.232 €
Chofer	1.408 €
Encargado general	1.700€
total	4.340€

Tabla 23 Fuente: propia
Elaboración: propia

Otros costes

En este último apartado calcularemos otros gastos que deberíamos tener en cuenta como el mantenimiento y reparación de máquinas y el consumo de gasoil.

El valor destinado al mantenimiento conservación y reparación de la maquinaria, suele oscilar alrededor del 2,5% del valor de adquisición.

El valor de 500 sacos tiene un coste de 22€, en nuestro proceso productivo estimamos que necesitaremos 3.520 sacos al mes, más un 10% por si se rompen o estropean, lo que supone un total de unos 4.000 sacos aproximadamente.

Para el coste del camión, como hemos calculado en apartados anteriores, este consume de media en gasoil unos 25€ al día.

Para dotar otros imprevistos que pueden surgir en el funcionamiento del proyecto, estimaremos un 5% del total del beneficio de la empresa, lo que supondría aproximadamente unos 10.500€ mensuales como calcularemos más abajo.

Costes variables	Coste al mes
Mantenimiento máquinas	$400.000 \times 0,025 = 10.000 / 12 = 833,3€$
Combustible fenwick	100€
Combustible camión	$25 \times 22 = 550€$
Material empresa (ropa, EPIS, etc.)	30€
Sacos para empaquetar	$4.000 / 500 = 8 \times 22 = 176€$
Otros costes (seguro camión, seguro instalaciones...)	525€
Total	2214,3€

Tabla 24 Fuente: propia
Elaboración: propia

Total costes variables al mes

Eléctricos	1.481,1€
Salariales	4.340€
Otros	2.214,3€
Total	8.035,4€

Tabla 25 Fuente: propia
Elaboración: propia

Beneficio mensual

El beneficio mensual es el resultado de los ingresos obtenidos en la venta de sacos de pellets. Conocemos nuestra producción diaria, siendo la misma de una fabricación de 160 sacos, lo que supondría alrededor de 15 kg al día.

Para poder garantizar nuestro éxito en el mercado, debemos de ser competitivos en nuestro sector, por lo que, para establecer nuestro precio de venta, en primer lugar, estudiamos el precio al que las grandes superficies como Bricor, Leroy Merlín, Bricomart, venden el saco de 15kg. Este precio oscila entre 3,5 y 4€, por lo que, si queremos obtener rentabilidad para amortizar la inversión y consolidarnos en el largo plazo deberemos establecer un precio ajustado a los costes calculados anteriormente de modo que nos permita obtener un margen de beneficio intentado no rebasar los precios de la competencia, ofreciéndoles un valor adicional a nuestros clientes que estén dispuestos a pagar el precio estipulado.

Por eso nuestro precio de venta al público de este producto será de 3€ el saco.

Producto al mes	Beneficio al mes
160 x 22 = 3.520 sacos	3.520 x 3 = 10.560€

Tabla 26 Fuente: propia
Elaboración: propia

Beneficio neto

Beneficios	10.560€
Costes	8.035,4€
Beneficio neto al mes	2.524,6€
Beneficio neto al año	2524,6 x 12 = 30.295,2€

Tabla 27 Fuente: propia
Elaboración: propia

Tasa de retorno

Una vez obtenido el beneficio neto anual, podemos calcular el Payback, que es el tiempo que tardaríamos en recuperar la inversión realizada. En nuestro caso, con una inversión en maquinaria de 49.812€ y unos beneficios netos de 30.295,2€ tardaríamos 20 meses en amortizar la inversión, de modo que el periodo de payback se produciría a partir del mes 21, a partir del cual, el beneficio obtenido sería positivo.

8 Análisis soluciones

8.1 Capacidad productiva

De acuerdo con la producción calculada anteriormente, si solo fuera con desperdicios de cebolla, con nuestra máquina sería más que suficiente.

El problema sería con la siguiente opción de utilizar desperdicio de cebolla mas serrín, entonces nuestra máquina no sería suficiente para cubrir la demanda deseada, entrarían en juego dos opciones.

La primera, hacer el diseño de construcción de una máquina con un diseño parecido al doble de dimensiones, para poder doblar el rendimiento de esta, pero nos harían falta nuevos planos, nuevos estudios de piezas y materiales y nuevos moldes y plantillas para producir la nueva máquina.

La segunda, mejor y más barata opción, sería construir dos máquinas iguales y conectarlas en paralelo, para así poder doblar igualmente la producción sin tener que empezar a hacer un diseño desde cero.

8.2 Comercialización del producto

- **Comercialización del proyecto**

El producto puede ponerse a la venta en el mercado de formas diferentes:

– En sacos de 15 kg: Es el tipo de comercialización más extendida en la actualidad para el consumo de pellets en viviendas unifamiliares o pequeñas comunidades de vecinos.

Es un envase cómodo y con facilidad de almacenaje, resulta más caro que el resto de formas de comercialización, pero también resulta más seguro, puesto que los pellets están envasados y perfectamente aislados del exterior.

– A granel: Se consiguen unos precios más económicos al no tener gastos de envasado ni de envase.

Este tipo de comercialización está destinada a grandes consumidores con posibilidad de almacenaje en tolvas o depósitos de gran tamaño. El proceso de carga y descarga se realizará desde el mismo camión cisterna, mediante tubería propulsada.

–Big-Bag: Comercializado como las Big-Bag de 500 ó 1.000 kg. Aunque para su producción y transporte se necesita maquinaria especial y clientes más específicos.

8.3 Ventajas respecto otros combustibles

El uso de este biocombustible presenta una serie de ventajas respecto otros combustibles destinados al mismo fin:

- Su uso en sistemas de climatización es más respetuoso con el medio ambiente (ver tabla), no genera olores, ni puede producir escapes peligrosos.
- Se trata de un combustible en proporción más barato y de origen local.
- Su mercado está en plena expansión tanto en España como en Europa, donde países como Alemania, Italia o Austria demandan el producto español.
- La inversión en este combustible genera un desarrollo socioeconómico local de la zona llevando consigo un aprovechamiento energético que supone convertir un residuo en un recurso.
- Contribución importante al cuidado del medio ambiente, ya que, con la combustión, el pellet generará unas emisiones de CO₂ a la atmósfera que durante su pasado fijo gracias al proceso fisiológico de la fotosíntesis. Con esto se cierra un ciclo que por otra parte es muy favorable a la fijación del CO₂. También es menos agresivo en relación a otro tipo de fenómenos como la lluvia ácida.

	Calefacción Gasóleo	Gas natural	Pellet madera y cebolla
CO (kg)	35	90	20
SO ₂ (hg)	205	20	48
CO ₂ (kg)	195	160	15
Partículas kg	20	10	30

Tabla 28 Fuente: blog.proinco.es
Elaboración: propia

8.4 Comparación pellet con el gasóleo.

- Un litro de gasoil tiene 9.500kcal/kg.
- Un kilo de pellet tiene 4.780 kcal/kg.
- Por lo que se puede aproximar que 2kg de pellet equivalen a 1 litro de gasoil.
- El precio de venta del pellet es de 3€ el saco de 15kg, es decir, 0,2€/kg.
- El precio de venta del gasóleo es 0,95€/kg.

Si tomamos 2kg. de pellet, nos costarían 0,4€, con esos 2 kg obtenemos el equivalente calorífico a 1 litro de gasóleo, costando este último 0,95€ que es más del doble de precio que el pellet.

9 Conclusiones

- La conclusión final de este proyecto es la creación de un nuevo modelo de pellet fabricado a partir de residuos de piel de cebolla, con numerosas ventajas, tanto para el medio ambiente como con respecto a otros pellets.
- Los municipios del Camp del Turia por fin estarán limpios de este desperdicio, con el saneamiento de las calles y campos que ello conlleva y la desaparición de olor a cebolla.
- Es un producto 100% biodegradable y de origen orgánico, contribuyendo así al crecimiento de las energías renovables.
- Son combustibles locales que no están sujetos a grandes variaciones en su precio ni depende de cotizaciones internacionales
- Fabricación de un pellet de calidad sin necesidad de tala de árboles, aun pudiendo aprovechar también los desperdicios de la poda y deforestación de estos.
- Producto más económico que el tradicional pellet de madera al no tener que pagar para conseguir la materia prima.
- Ayudamos a los almacenes que trabajan con esta hortaliza a tener sus naves limpias de residuo, con la reducción de su pérdida de tiempo para tener que deshacerse de estos residuos.

10 Bibliografía

1. Técnicoagricola.es [Internet]. Valencia: Técnico Agrícola [citado 6 de junio de 2017]. El cultivo de liliáceas: cebolla, ajo y puerro. Análisis del cultivo de liliáceas cebolla, ajo y puerro en España. Disponible en: www.tecnicoagricola.es/el-cultivo-de-liliaceas-cebolla-ajo-y-puerro/
2. SKF.com [Internet]. Madrid: SKF. [citado 6 de junio de 2017]. Rodamientos rígidos de bolas. Disponible en: www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=6005-2RSH&unit=metricUnit
3. Tercesa.com [Internet]. Badalona: Sertec Transmisiones-Tercesa SL [citado 9 de junio de 2017]. Motores eléctricos asincronos. Disponible en: www.tercesa.com/Producto-Seleccionado/9/motores-electricos-asincronos?gclid=Cj0KCQjw7pHLBRDqARIsAFyKPa44lGfXUx79xq3ujP4iZFcgJ4V4GUxXuj0pejL4GdkZD947CL9yWBoaAks5EALw_wcB
4. Csic.es [Internet]. Madrid: CSIC. Servicio de Prevención y Salud Laboral [citado 7 de junio de 2017]. Exposición Laboral a ruido. Disponible en: www.icv.csic.es/prevencion/Documentos/Info/ruido.pdf
5. Lopezorozco.com.ar [Internet]. Santa Lucia de San Juan: Lopez Orozco srl [citado 8 de junio de 2017]. Calculadora de poleas. Disponible en: <http://www.lopezoroazco.com.ar/poleas.htm#Paso1>
6. Sitsa.es [Internet]. San Sebastian: Sociedad Industrial de Transmisiones SA. [citado 12 de Diciembre de 2017]. Cálculo de longitud de correas. Disponible en: <http://www.sitsa.es/es/productos/transmision-por-correas/calculo-longitud-correas>
7. Ingemecanica.com [Internet]. Arahál (Sevilla): Hermenegildo Rodríguez Galbarro [citado 13 de Diciembre de 2017]. Correas de transmisión: cálculo y diseño. Disponible en: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>
8. Irestal.com [Internet]. Valencia: Aceros Bergara-Irestal Group [citado 20 de Diciembre de 2017]. Chapa perforada de acero inoxidable. Disponible en: <http://www.irestal.com/sites/Aceros-Bergara/products/pla/chapa-perforada>
9. Incafe2000.com [Internet]. Sallent (Barcelona): Incafe 200 - Projectes i Disseny Incafe SLU [citado 10 de Enero de 2017]. Chapas laminadas de acero inoxidable (inox). Disponible en: <https://www.incafe2000.com/Esp/chapas-laminadas-acero-inoxidable>

10. Mallasmedina.com [Internet]. Madrid: Mallas y Alambrados Medina [citado 10 de Enero de 2017]. Mallas perforadas. Disponible en: <http://www.mallasmedina.com/Chapas/chapa%20perforada.htm>
11. Materials4me.es [Internet]. Getafe (Madrid): Thyssenkrupp Materials Ibérica [citado 10 de Enero de 2017]. Barras perforadas de acero inoxidable. Disponible en: <https://www.materials4me.es/Metales/Acero-Inoxidable/Barra-Perforada/p/ES95888>
12. Proinco.es [Internet]. ¿Qué es el pellet? [citado 11 de Enero de 2017].. Disponible en: <http://blog.proinco.es/el-pellet-definicion-ventajas/>
13. Sandcik.coromant.com [Internet]. Sandvik Coromant [citado 12 de Enero de 2017]. Herramientas de mecanizado: Fresas de disco de alto rendimiento. Disponible en: https://www.sandvik.coromant.com/es-ES/products/coromill_170
14. Sinpar.com.ar [Internet]. Argentina: SINPAR® [citado 15 de Enero de 2017]. Mecanizado de engranajes y piñones. Disponible en: <http://www.sinpar.com.ar/novedades/393-mecanizado-de-engranajes-y-pinones>
15. Youtube.com [Internet]. CNC: Large CNC Working [citado 15 de Enero de 2017]. Magic CNC Machines 7 axis cutting in the world (video creación de dentados rápido). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=m5vIFC9qz8g> (
16. Greendream.es [Internet]. Green Dream Growshop [citado 15 de Enero de 2017]. Filtros de carbono y antiolor. Disponible en: <https://greendream.es/50-filtros-de-carbono-y-antiolor>
17. Carbotecnia.es [Internet]. Carbotecnia SL [citado 16 de Enero de 2017]. Carbón activado. Disponible en: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-carbon-activado/>
18. Eleconomista.es [Internet]. El Economista : Almacenes de cebolla en Valencia. [citado 22 de Enero 2017]. Disponible en: <http://empresite.eleconomista.es/Actividad/ALMACEN-CEBOLLAS/provincia/VALENCIA/>



19. Miestufa.com [Internet]. JB Saez: Como se fabrica y se obtiene el pellets [citado el 24 de Enero de 2017]. Disponible en: <http://www.miestufa.com/blog/como-se-fabrica-y-se-obtiene-el-pellets/>

20. Milanuncios.com [Internet]. Mil anuncios.net: Secadora de pellets [citado el 24 de Enero de 2017]. Disponible en: <https://www.milanuncios.com/anuncios/secadora-de-pellets.htm>