

**DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL
RECICLADO**

CARLOS ANDRÉS NIETO

ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA
PROGRAMA INGENIERIA MECANICA
SANTIAGO DE CALI
2005**

**DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL
RECICLADO**

CARLOS ANDRÉS NIETO SERNA

ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA

Proyecto de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico

Director

MIGUEL ÁNGEL HIDALGO
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA Y MECANICA
PROGRAMA INGENIERIA MECANICA
SANTIAGO DE CALI
2005

Nota de aceptación

Trabajo aprobado por el comité de grado
En cumplimiento de los requisitos exigidos
Por la universidad Autónoma de Occidente
Para optar el título de Ingeniero Mecánico

HECTOR JARAMILLO

Jurado

CARLOS APONTE

Jurado

Santiago de Cali, 18 de Abril de 2005

A Dios, a mis padres, Donato Rey y Maricel Piedrahita, por su apoyo incondicional durante toda mi carrera, a mis hermanos, Andrea y Andrés, a mi novio por su comprensión en todo este tiempo y a mi familia y a todas las personas que participaron con la construcción de esta meta.

Angélica Maria Rey Piedrahita

A Dios, a mi mama Luzcelly Serna a mi hermana Lorena Nieto y a mi novia Maribel en las cuales tuve un apoyo incondicional y a todas las personas que colaboraron a que lograra a subir un peldaño mas solo me queda decirles gracias

Carlos Andrés Nieto Serna

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Luis Fernando Carvajal, por su guía, aportes, conocimientos y su colaboración incondicional durante el desarrollo de este proyecto.

Emerson Escobar, Ingeniero Mecánico por su apoyo, colaboración y contribución, por sus conocimientos aportados durante todo este tiempo.

Miguel Ángel Hidalgo, Ingeniero Mecánico y director del proyecto por su ayuda aportada.

CONTENIDO

| | Pag. |
|--|-------------|
| RESUMEN | 1 |
| INTRODUCCION | 2 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 2. OBJETIVOS | 4 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 4 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 4 |
| 3. JUSTIFICACION | 5 |
| 4. ANTECEDENTES | 7 |
| 5. MARCO TEORICO | 8 |
| 6. PLANIFICACION DEL PRODUCTO | 14 |
| 6.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO | 14 |
| 6.2 OBJETIVOS EMPRESARIALES | 14 |
| 6.3 Mercado Primario | 14 |
| 7. IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES DEL MERCADO | 15 |
| 7.1 PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN | 15 |
| 7.2 OBTENCIÓN DE DATOS PRIMARIOS | 15 |
| 7. 2.1 Entrevistas Personales | 15 |
| 7.3 Industria Papelera | 16 |
| 8. HERRAMIENTA Q.F.D | 18 |
| 9. ESPECIFICACIONES DEL PAPEL | 21 |
| 10. GENERACION DE CONCEPTOS | 25 |
| 11. SELECCION DE CONCEPTOS | 28 |
| 11.1 PILA HOLANDESA | 28 |
| 11.2 PRENSA MECÁNICA | 30 |
| 11.3. Elaboración de análisis económico | 31 |
| 12. DESARROLLO DE LAS MAQUINAS | 34 |
| 12.1 CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LAS MÁQUINAS | 34 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 12.1.1 Cálculos Pila holandesa | 34 |
| 12.1.2 Cálculos para la prensa | 65 |
| 13. CONCLUSIONES | 68 |
| BIBLIOGRAFÍA | 69 |
| ANEXOS | 70 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Clasificación de la materia prima | 11 |
| Tabla 2. Desarrollo empresas papeles | 17 |
| Tabla 3. QFD necesidades del cliente | 18 |
| Tabla 4. QDF necesidades Vs. Importancias | 19 |
| Tabla 5. QFD parámetros con sus respectivas unidades | 19 |
| Tabla 6. Necesidades vs. Parámetros | 20 |
| Tabla 7. Características del papel | 21 |
| Tabla 8. Tipos de prueba | 23 |
| Tabla 9. Largos y anchos de algunas fibras | 23 |
| Tabla 10. Costos de fabricación | 33 |
| Tabla 11. Sección crítica en el eje | 44 |
| Tabla 12. Dimensiones cuña | 50 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Cantidad de papel Vs. mes | 5 |
| Figura 2. Proceso de materia prima | 8 |
| Figura 3. Ciclo de papel | 9 |
| Figura 4. Proceso fundamental de obtención | 12 |
| Figura 5. Resultado encuestas | 15 |
| Figura 6. Fabricaron de papel en Cali y Yumbo | 16 |
| Figura 7. Papel y cartón reciclado en Latinoamérica | 18 |
| Figura 8. Diagrama de caja negra | 25 |
| Figura 9. Descomposición del sistema en subsistemas | 26 |
| Figura 10. Recorrido de la fabricación de papel | 27 |
| Figura 11. Pila holandesa | 28 |
| Figura 12. Prensa mecánica | 30 |
| Figura 13. Dimensión del bolon | 35 |
| Figura 14. Dimensión polea conductora y polea conducida | 39 |
| Figura 15. Angulo formado por la banda | 41 |
| Figura 16. Fuerza ejercida por la banda | 42 |
| Figura 17. fuerzas que actúan sobre el eje | 42 |
| Figura 18. Diagrama de cortante momentos y torque Y vs. X | 43 |
| Figura 19. Diagrama de cortante momentos y torqué X vs. Z | 44 |
| Figura 20. Cuñero del eje | 50 |
| Figura 21. Diagrama de cuerpo libre | 56 |
| Figura 22. Sección A-B | 56 |
| Figura 23. Diagrama de momento con respecto a W1 | 58 |
| Figura 24. Diagrama de momento con respecto a W1 | 58 |
| Figura 25. Deformación con W1 | 59 |

| | |
|--|----|
| Figura 26. Diagrama de momentos cortantes | 59 |
| Figura 27. Deformación en B con respecto a W1 | 61 |
| Figura 28. Diagrama con la carga W2 | 61 |
| Figura 29. Diagrama de momentos y cortantes | 62 |
| Figura 30. Simulación Algor eje pila holandesa | 64 |
| Figura 31. Diagrama representativo del tornillo | 65 |
| Figura 32. Simulación algor columna prensa | 67 |

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1 Desfibrado pila holandesa
- Anexo 2 Refino pila holandesa
- Anexo 3 Formación de la hoja en forma manual
- Anexo 4 Prensado
- Anexo 5 Secado al aire libre
- Anexo 6 Plano N° 1 carcasa pila holandesa
- Anexo 7 Plano N° 2 Platina cuchilla
- Anexo 8 Plano N° 3 Bolon
- Anexo 9 Plano N° 4 eje pila holandesa
- Anexo 10 Plano N° 5 Base pila holandesa
- Anexo 11 Plano N° 6 soporte SNA 1209
- Anexo 12 Plano N° 7 Polea eje
- Anexo 13 Plano N° 8 Polea Motor
- Anexo 14 Plano N° 9 Explosionado pila holandesa
- Anexo 15 Plano N° 10 Explosionado pila holandesa
- Anexo 16 Plano N° 11 Base prensa mecánica
- Anexo 17 Plano N° 12 columna prensa mecánica

- Anexo 18 Plano N° 13 platina prensadora
- Anexo 19 Plano N° 14 Tornillo de potencia y prensa mecánica
- Anexo 20 Plano N° 15 Volante prensa Mecánica
- Anexo 21 Plano N° 16 Tapa seguro tornillo
- Anexo 22 Plano N° 18 Buje columna
- Anexo 23 Plano N° 19 Platina prensa mecánica
- Anexo 24 Plano N° 20 Explosionado prensa mecánica
- Anexo 25 Plano N° 21 explosionado prensa mecánica

RESUMEN

En el proyecto de grado "DISEÑO DE PROTOTIPO DE PLANTA PILOTO PARA RECUPERAR PAPEL RECICLADO" se buscaron los conceptos fundamentales para recuperar papel, pasos a seguir y máquinas a utilizar; con las cuales es posible reconvertir hojas de papel de diferentes gramajes. La Universidad cuenta con el reciclado que se recolecta de la misma y el cual se quiere aprovechar para obtener varios productos como: Tarjetas, sobres, álbumes, entre otros. Este trabajo es el primero dentro del proyecto macro que busca la construcción y puesta a punto de las máquinas, distribución en planta y estudio de flujos de proceso.

Como resultado de este trabajo, se realizó la selección y el diseño de los elementos de las máquinas necesarias para recuperar papel, donde se tuvieron en cuenta los conceptos de diseño y resistencia de materiales. Así mismo, fueron utilizadas herramientas computacionales como Algor y Solid Edge.

Las máquinas diseñadas detalladamente fueron la **PILA HOLANDESA** y una **PRENSA MECÁNICA**, donde la función de la primera es refinar y desfibrar la materia prima que se tiene, mientras la prensa mecánica se utiliza para reducir bajo presión el porcentaje de agua y también eliminar el aire que queda entre las fibras.

INTRODUCCION

El proyecto de grado **“DISEÑO DETALLADO DE PROTOTIPO DE PLANTA PILOTO PARA LA RECUPERACION DE PAPEL RECICLADO”**, surge de la necesidad de FUNDAUTONOMA de recuperar el papel que ya ha sido utilizado en la Universidad, el cual se recicla en un centro de acopio. La materia prima será reconvertida en hojas de papel, que posteriormente serán aprovechadas nuevamente en la Universidad. Con este trabajo se busca completar el ciclo de reconversión de papel en nuevos productos. Este es un producto que esta en la vida diaria, desde el principio de los tiempos. Es un material biodegradable, renovable y reciclable.

Se encontraron empresas en este sector que trabajan con este material, desde pequeñas, hasta grandes empresas productoras de productos de papel reciclado.

La tarea desarrollada en este proyecto de grado constituye la primera etapa del proceso de consolidación de una Planta Piloto. En ésta fase, se determinó el tipo de proceso adecuado para la elaboración del papel. Así mismo, fueron diseñadas las máquinas necesarias para tal fin, a saber: pila holandesa y prensa mecánica; para esto, fue recopilada información estadística referente al potencial reciclable en la Universidad.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se requiere determinar el proceso adecuado para reconvertir 1 tonelada mensual de papel reciclable dentro de la Universidad Autónoma. Igualmente, diseñar las máquinas necesarias para el proceso seleccionado. La materia prima reconvertida será para consumo dentro de la misma Universidad.

Reconvertir el papel ya utilizado en un nuevo producto, es una buena opción para solucionar el problema planteado, debido a que se obtienen beneficios tales como la disminución del impacto ambiental (en la producción de papel reciclado se ahorra 70% de energía y 90% de agua¹, en comparación con la fabricación de pulpa de madera) y el aprovechamiento de los residuos sólidos acumulados.

¹ Impacto de producción de papel. 1997 [en línea] Argentina: Greenpeace, 1997. [citado: 15 de junio de 2004], disponible en Internet: <http://www.greenpeace.org.ar>

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar completa y detalladamente el diseño del prototipo de planta piloto para la recuperación de papel reciclado de 60-100 gr. en la UAO.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

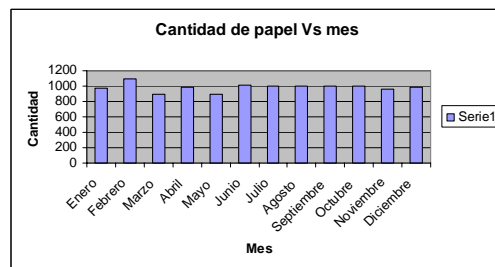
- Identificar las necesidades del cliente, que en este caso es FUNDAUTONOMA y los estudiantes de la **UAO**.
- Evaluar, definir y seleccionar los elementos que necesiten las máquinas.
- Configuración completa y detallada de cada máquina.
- Búsqueda de parámetros para el diseño que se necesiten para la producción de papel recuperado.
- Construcción de prototipos virtuales.
Documentación

3. JUSTIFICACIÓN

Se realizaron los diseños de las máquinas necesarias para la planta piloto, estas servirán para desarrollar los conceptos de la producción de papel recuperado. Esta es la primera parte del proyecto, que es buscar los métodos y las máquinas encargadas del proceso.

El papel desechado en la universidad no está contribuyendo lo que pudiera aportar si esa tonelada se procesara (ver Figura 1)², con esto se beneficiaría la Universidad, porque, estaría aprovechando un residuo y se convertiría en un producto útil. También se contribuiría a la disminución del impacto ambiental, ya que en este proceso se utiliza en menor cantidad de químicos, agua y energía en comparación con la producción de pulpa de madera, al igual que la disminución de la tala de bosques, ya que por 1 Ton de papel reciclado se salvan 15 árboles de tamaño mediano los cuales se demoran de 15 a 20 años, en crecer a ese tamaño, esto sería 180 árboles por año los que salvarían.

Figura1. Cantidad de papel vs. mes.



² Base de Datos: empresas de papel [disquete]. Santiago de Cali: cámara de comercio Cali, 2004, 3000 registros

La producción de papel reciclado podría ser un ejemplo de implementación de los principios de producción más limpia a través de todo el ciclo de vida de un producto. El papel es un producto natural, biodegradable y reciclable, que emplea un recurso potencialmente renovable.

¿Para qué reprocesar el papel reciclado en la Universidad?

Porque sirve de materia prima para fabricar hojas de papel que se puedan consumir en la misma UAO y así comenzar el ciclo de reconversión.

4. ANTECEDENTES

Nuestro país tiene grandes empresas, pero escasas, que hacen productos de papel recuperado entre ellas tenemos: *Copalsa S.A, Papeles Nacionales, Cartones América, Cartones de Occidente, Propal S.A, Papelsa S.A, Carvajal S.A*³.

Se buscó en las universidades de Cali proyectos similares, Con el fin de adquirir información sobre los métodos utilizados, no se obtuvo resultado alguno. Sin embargo, se encontró que en la Escola d'arts i oficis de la diputación de Barcelona, se ofrecen cursos para aprender a hacer papel artesanal.

Se encontró un estimado de las empresas que trabajan en esta ciudad con productos reciclados, se recurrió a una base de datos de la cámara de comercio de Cali, de allí se obtuvo: 76 empresas trabajan con productos de papel y 32 empresas de reciclaje de desperdicios no metálicos⁴.

En Latinoamérica los dos países principales productores de papel y cartón son Brasil y México, Colombia esta ubicada como el quinto productor. Brasil, Argentina, México, y Chile, que conjuntamente con Colombia y Venezuela abarcan más del 97 % de la producción de papel recuperado de Latinoamérica⁵. Actualmente en España se produce el 70% de papel de papel reciclado, y cada año aumenta el porcentaje de producción de papel⁶.

³ ASUNCIÓN, José, Barcelona. Parramon ediciones, año 2004 Artículo Generalidades de la cadena productiva Pág. 90 a 100

⁴ Lbid.,p: 5

⁵ Revista el papel[en línea]Barcelona: Aspapel, 2003,[citado: 15 de junio de 2004] disponible en Internet: <http://www.aspapel.es>

⁶ Lbid.,p: 7

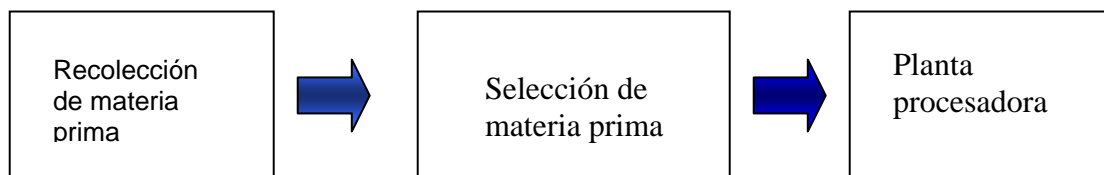
5. MARCO TEÓRICO

Para reconvertir el papel reciclado en un nuevo producto se requiere conocer el proceso de producción, por lo tanto se realizó una investigación acerca de las fábricas que trabajan en la reconversión de papel, para esto Fundautonoma financio la compra de una base de datos en la cámara de comercio de Cali, esta base de datos contaba con las empresas que trabajaban con papel reciclado. Se indago en cada una de estas fabricas para saber que empresas realizaban reconversión, donde se encontró "Salve un árbol", esta es una microempresa que reconvierte el papel reciclado de manera artesanal, ahí se encontraron los conceptos necesarios para procesar el reciclado. Se realizo un curso para adquirir los fundamentos de recuperar el papel, fue dictado por el Señor Luís Fernando Carvajal. Este curso fue dictado durante 12 semanas, con una duración de 48 hora.

Se tomo como referencia esta fábrica, debido que es lo más cercano a lo que se quiere implantar en la universidad; tomando el concepto de reconversión, se logro dimensionar el problema, aprovechando todo el papel reciclado que sale de la Universidad para convertirlo en un producto útil. Mejorando las técnicas utilizadas en ella, aplicando ingeniería a estos procesos y diseñando las máquinas necesarias para planta piloto.

Para recuperar el papel reciclado de la Universidad, en un nuevo producto se tiene un proceso establecido con la materia prima. Se puede observar en la figura 2:

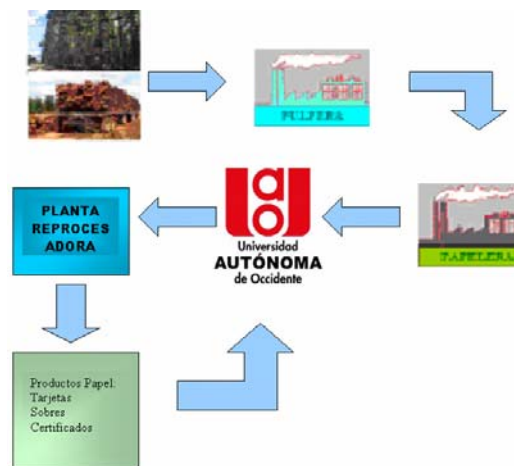
Figura 2. Proceso de la materia prima



Donde en la planta procesadora, se realizan todos los procesos para convertir ese papel utilizado en nuevos productos. Se pretende hacer este Proyecto en varias etapas: la primera etapa diseñar y construir los prototipos virtuales de las máquinas necesarias para desarrollar el concepto de la producción de papel recuperado, y posteriormente se construirán las maquinas planteadas en este proyecto, con esto se dará la

solución al problema planteado. El siguiente esquema representa las interacciones en el ciclo del papel desde que sale de la fábrica productora de papel de pulpa de madera hasta que vuelve a ella para ser nuevamente reprocesado, es lo se plantea implementar en la Universidad ver (Figura 3), porque se tiene como la materia prima principal el papel reciclado, se reconvierte, se utiliza en la Universidad y vuelve a la planta para nuevamente ser procesado.

Figura 3. Ciclo de papel.



Con el diseño de las máquinas que se necesitan para la producción de papel, se podrá iniciar con la solución al problema planteado, con estas máquinas se harán los primeros ensayos, hasta llegar a fabricar los diferentes subproductos que se puedan derivar de la hoja de papel reciclado.

El reciclaje utiliza un material que es un residuo, convirtiéndolo en un producto nuevo.

La producción del papel puede obtenerse de fibras vírgenes o recicladas, bagazo de caña y de otras fibras; para entender esto primero se hablara de "El papel es una hoja delgada sin discontinuidad obtenida uniendo íntimamente, deshidratando y comprimiendo materias fibrosas, principalmente de *celulosa*"⁷.

⁷ COSTA, Coll T: manual del fabricante de papel, Barcelona: Bosch, 1962 P 270.

La formación de esta “hoja” se produce siempre igual, se obtiene a partir de la unión física de la celulosa.

El papel se constituye de fibra orgánica, que puede ser: yute, madera, pino, algodón, lino, cáñamo, pajas.

La importancia del papel es, los diferentes usos que se le pueden dar en nuestra vida cotidiana, el papel puede adaptarse a las diferentes utilidades, debido a su versatilidad, puede llegar a contabilizarse 457 variedades diferentes de papel, estas dependen las características físicas que hacen adaptarse a diferentes usos⁸.

La clasificación del papel se puede realizar, en cinco grandes grupos:

- ❖ **PAPEL PRENSA**
- ❖ **PAPEL DE IMPRESIÓN Y ESCRITURA**
- ❖ **PAPEL SANITARIO**
- ❖ **PAPEL PARA ENVASES Y EMBALAJES**
- ❖ **PAPELES ESPECIALES (papel de Biblia, papel de valores)**

Las fibras son refinadas y pasan al tanque de almacenamiento para pasar al conformado.

El papel recuperado, se puede reciclar entre 3 y 8 veces ya que las fibras de la celulosa se van rompiendo cada vez que se reprocesa.

No se puede reprocesar:

- 1) Papel autocopiado
- 2) Etiquetas adhesivas
- 3) Papel térmico para fax
- 4) Papel encerado

⁸ Ciclo de vida fabricación de papel y cartón [en línea]. Madrid fundación ecológica y de desarrollo, 2002. [citado: 15 de junio de 2004] disponible en Internet: <http://www.reciclajepapel.org>

5) Papel higiénico.

La manufactura del papel comprende operaciones esencialmente mecánicas.

La calidad del papel recuperado corresponde a diferentes factores, que deben tenerse en cuenta ver tabla 1:

Tabla 1. Clasificación de la materia prima

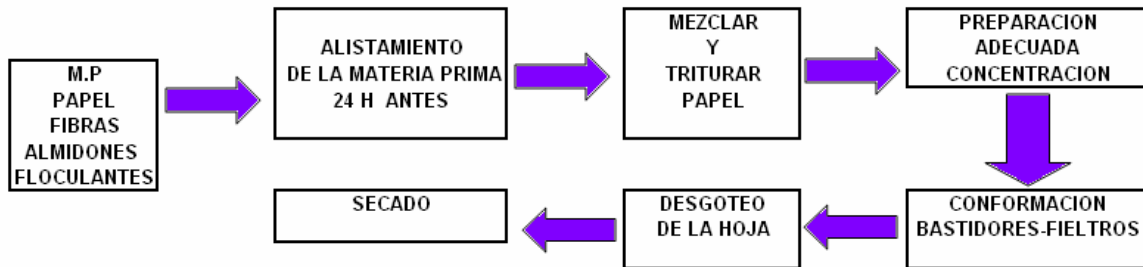
| | |
|--------------------------------------|---|
| Calidades Ordinarias, Grupo A | Papeles y cartones mezclados sin limitación de contenido de fibras cortas, revistas y periódicos, catálogos, folletos con o sin colas de encuadernación, cajas, hojas usadas y recortes de cartón ondulados, anuarios y periódicos leídos, mezclados con o sin grapas |
| Calidades Medias, Grupo B | Periódicos no vendidos, impresos en papel prensa blanco, exentos de cualquier color, recortes de cartoncillo con una cara blanca, recortes de revistas o materiales impresos similares, sin restricción al color, pasta mecánica o papel estucado, recortes blancos, impresos en diversos colores, principalmente de papel con pasta mecánica, con o sin colas para encuadernación, papeles de impresión y escritura, impresos o no, de colores diversos, exentos de cubiertas duras y papel cartón, libros sin pasta, de papeles blancos sin pasta mecánica, impresos sólo en negro. |
| Calidades superiores, grupo C | Recortes claros mezclados de papeles de impresión y escritura, con un contenido de papeles con pasta mecánica no inferior al 50%, fichas de ordenador, mezcladas, impresas y exentas de pasta mecánica. Papeles blancos y clasificados de impresión y escritura, procedentes de archivos de oficinas, que contienen como mínimo un 60% de papeles sin pasta mecánica. |

Fuente: COSTA coll, t: manual del fabricante de papel, Barcelona: Bosch, 1962 P 270.

El reciclado es la única solución viable al problema de la acumulación de los residuos. La posterior reutilización de los materiales reciclados es además la mejor forma de evitar la extracción de materias primas, la cual, a su vez, reducirá las necesidades energéticas para la propia extracción y transformación en productos manufacturados.

La recuperación del papel reciclado consiste en los siguientes procesos básicos:

Figura 4. Proceso fundamental de obtención



Seguir este proceso es fundamental para obtener como resultado un buen producto. Se debe tener en cuenta que para facilitar el batido de las fibras debe tener un alistamiento previo, se recomienda que sea de 24 horas. En el momento de la trituration del papel, se debe realizar adiciones de almidones, floculantes, para mejorar las propiedades del papel y para que las tintas que tienen floten, evitando tener que blanquear el papel.

Se pensó en diseñar las máquinas lo más funcional posible donde desempeñaran varios procesos, economizando la construcción y diseño de otras.

Para obtener un papel de buena calidad debe seleccionarse la materia prima, esto se realizara con una clasificación según el tipo de papel. Con su previo tratamiento (quitar clips, ganchos, etc).

Por tanto el proceso fundamental de obtención de papel, se utilizara en cada paso de fabricación las siguientes máquinas:

- **Pila Holandesa:** Desfibra el papel, consiste, en agregar el papel ya seleccionado con agua, posee un bolón que es el encargado de triturar el papel y hacer una pasta. Este es el proceso más importante en la obtención de papel recuperado, debido que se separan las fibras, por medio de fricción, de no ser así, es decir, cortadas el papel no tendrán la misma resistencia, pues no se entrelazarán adecuadamente. (Ver anexo 1).

Además el *refino* que se proporciona a la fibra es realizado en esta máquina, este proceso le proporcionara las propiedades físicas como la resistencia del papel. (Ver anexo 1).

- **Prensa Mecánica:** Elimina parte del agua por presión, pues en proceso

de obtención de la pasta las fibras de papel absorben agua y se hinchan, debido que las fibras del papel son hidrofílicas (adsorben agua), por medio de esta se deshidrata el agua que la pasta obtiene en el desfibrado. (Ver anexo 2).

La *formación* de la hoja, esta será realizada por un operario que será encargado de la conformación de la pasta en los bastidores. (Ver anexo 3). Y el *secado* se realizará al aire libre, debido que las hojas de papel no salen totalmente secas de la prensa. (Ver anexo 4)

En las máquinas de la planta piloto, es donde se llevara a cabo la transformación de la materia prima que se tiene: papel de calidad media o grupo B, papel oficina el mayor porcentaje. En el nuevo producto que es la hoja de papel, de la cual se pueden elaborar más subproductos.

6. PLANIFICACIÓN DEL PRODUCTO

6.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Se podrá fabricar hojas de papel de diferentes gramajes y de diferentes tamaños:

A3 = 297 x 420 mm

A4 = 210 x 297 mm

A5 = 148 x 210 mm

De las cuales se obtendrá diferentes subproductos.

6.2 OBJETIVOS EMPRESARIALES:

- Reconvertir hojas de papel, las cuales se les dará diferentes usos en la UAO.

6.3 MERCADO PRIMARIO:

Los principales clientes son, la comunidad universitaria.

7. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL MERCADO

7.1 PLANEAMIENTO DE LA MISIÓN:

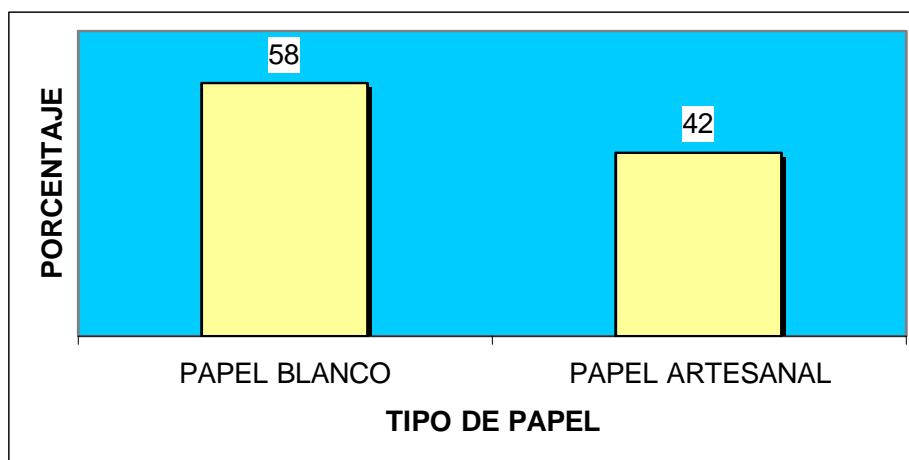
Implantar en la Universidad la reconversión del papel que ya ha sido utilizado en hojas de papel de diferentes tamaños y gramajes.

7.2 OBTENCIÓN DE DATOS PRIMARIOS

7.2.1 Entrevistas Personales. Se realizó una encuesta a los estudiantes y personal de la UAO, con el fin de obtener la información acerca de los productos más utilizados por estas personas y la aceptación que tiene el papel artesanal en la comunidad universitaria.

En la cual se obtuvo el 42 % de aceptación al papel artesanal. (ver anexo 5)

Figura 5. Resultado encuestas



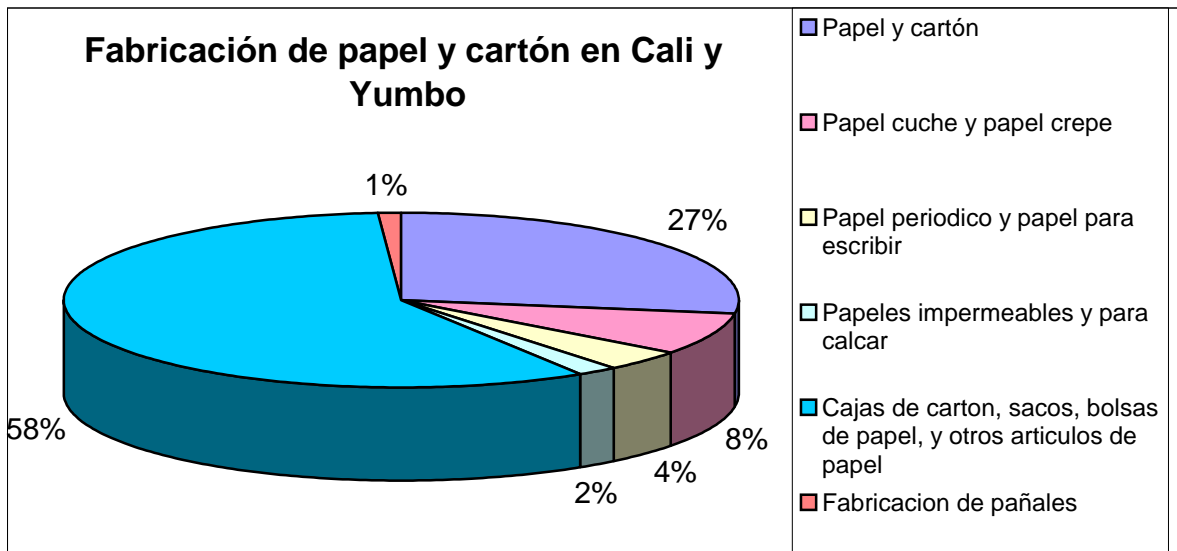
En la encuesta, se preguntó que tipo de papel le gustaba más, papel blanco o artesanal; obteniendo que la comunidad universitaria prefiere el papel blanco, como se muestra en el

gráfico.

7.3 INDUSTRIA PAPELERA

Una indagación en la industria papelera, mediante la base de datos de la cámara de comercio, de las empresas que trabajan con papel, se encontró que en Cali y Yumbo el número de fabrica es de 108, en la siguiente gráfica se puede observar los diferentes porcentaje de las diferentes variedades de la industria papelera^{***}. El total de empresas que trabajan con papel es 1285, desde grandes empresas reconocidas como cartón Colombia, Propal, Carvajal S.A, hasta talleres de manufactura artesanales.

Figura 6. Fabricación de papel en Cali y Yumbo



Con base a los activos de cada empresa se pudo observar el nivel de tecnología que manejan, para tener una base de cuantas empresas trabajan artesanalmente, Ver tabla 2.

^{***} Cámara de Comercio, Op. Cit., Pág. 7.

Tabla 2. Desarrollo de las empresas papeleras.

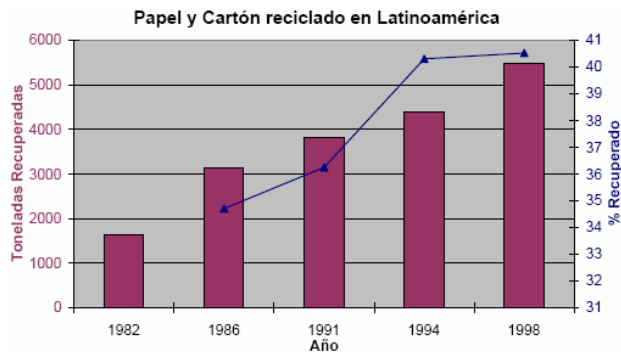
| Cantidad de empresas | Activos hasta | Porcentaje | Observaciones | Clasificación | % |
|----------------------|-------------------|------------|---|-------------------|--------|
| 954 | 10.000.000 | 64,24% | Se observa que del 100% de las empresas que trabajan el papel el 64,24% tienen muy poca tecnología y son empresas artesanales, | pequeñas empresas | 74,41% |
| 151 | 50.000.000 | 10,17% | Un 10% tiene algunas herramientas para procesar el papel | | |
| 63 | 150.000.000 | 4,24% | Un 4% tiene 1 o dos máquinas que ayudaran en el proceso y dejan de ser totalmente artesanales | medianas empresas | 11,11% |
| 51 | 300.000.000 | 3,43% | Un 3,43% son pequeñas empresas ya conformadas | | |
| 51 | 600.000.000 | 3,43% | Otro 3,43% son empresas medianas con volúmenes de producción considerables | | |
| 26 | 1.000.000.000 | 1,75% | El 1,75% son empresas que manejan activos hasta 1000.000.000 con tecnología y maquinaria | grandes empresas | 7,27% |
| 61 | 10.000.000.000 | 4,11% | En este rango podemos hablar de empresas ya consolidadas y con altos volúmenes de producción, multinacionales, en estas empresas podemos citar a carvajal, cartón de Colombia, propal entre otras | | |
| 18 | 100.000.000.000 | 1,21% | | | |
| 2 | 778.000.000.000 | 0,13% | | | |
| 1 | 1.183.986.000.000 | 0,07% | | | |

Fuente: Base de Datos: empresas de papel [disquete]. Santiago de Cali: cámara de comercio Cali 2004, 3000 registros

Se propone reconvertir *el papel* reciclado. En muchos países es utilizado este método para aprovechar los residuos, los motivos de la preferencia por la pulpa de papel reciclado: Disminución en el costo de producción y tratamiento. Reducción en la utilización de madera, crítico en aquellos países con deficiencias forestales.

El consumo de fibras en Latinoamérica de papel reciclado se ha impulsado cada vez hacia valores mayores, a pesar de las ventajas de las tierras, en comparación con otros continentes para la producción de pasta virgen. Se puede observar mejor esta situación en la figura 7:

Figura 7. Papel y cartón reciclado en Latinoamérica



8. HERRAMIENTA QFD

Con esta herramienta se identificaron las necesidades de los clientes, con el fin de encontrar los principales requerimientos del producto; y así mismo los parámetros a tener en cuenta en la fabricación.

Tabla 3. QFD necesidades del cliente

| PLANTEAMIENTO DE LOS CLIENTES | IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES |
|--|--|
| 1. <i>“El papel presenta defectos al ser impreso”</i> | El papel debe tener propiedades de resistencia a la tracción, permeabilidad. |
| 2. <i>“Diferentes clases de papel, es monótono, siempre lo mismo, no se cuenta con variedad. ”</i> | Diferentes tipos de papel, color, textura, apariencia |
| 3. <i>“El deterioro del medio ambiente por la tala de bosques, prefiero papel reciclado”.</i> | Papel reciclado ayuda a preservar el medio ambiente. |
| 4. <i>“Cuando se imprimió en el papel, la tinta se corría, además es difícil la conformación de la hoja”</i> | El papel tenga buena permeabilidad. |
| 5. <i>“ Cuando se guarda el papel que esta muy seco, explota”</i> | Porcentaje de humedad adecuado |

Se toma una importancia en las necesidades de 1-5.

Tabla 4. QFD necesidades Vs. importancia

| Nº | Necesidad | Imp |
|----|---|-----|
| 1 | Papel sea apto para impresión, propiedades mecánicas | 5 |
| 2 | Porcentaje de humedad adecuado | 4 |
| 3 | Resistencia desgarre, las fibras estén bien entrelazadas. | 5 |
| 4 | Flexibilidad a la conformación | 4 |
| 5 | Buen grado de impermeabilidad | 3 |
| 6 | Resistencia al aplastamiento | 4 |
| 7 | Estético | 4 |
| 8 | Variedad de tipos de papel, colores, texturas agradable | 3 |
| 9 | Ecológico | 4 |
| 10 | Resistencia a la deformación plástica | 4 |
| 11 | El papel tendrá un peso y tamaño adecuado | 3 |
| 12 | Costo razonable del producto | 3 |

A continuación se mostrara la tabla de los parámetros del papel, los cuales surgieron de la identificación de las necesidades con sus respectivas unidades:

Tabla 5. QFD parámetros con sus respectiva unidades

| Nº | Valor | Unidades |
|----|------------------------------|----------|
| 1 | Peso del papel | Kg |
| 2 | Largo del papel | mm |
| 3 | Ancho del papel | mm |
| 4 | Espesor del papel | mm |
| 5 | Costo | \$ |
| 6 | Fuerza al desgarre | N |
| 8 | Tiempo de producción | h |
| 9 | Esfuerzo a la deformación | Pa |
| 10 | Elongación | % |
| 11 | Composición química | - |
| 12 | Rugosidad | RZ |
| 13 | Resistencia a la explosión | Pa |
| 14 | Resistencia al aplastamiento | N |
| 15 | Calidad del papel reciclado | - |

Se puede observar los requerimientos de diseño, con el fin de identificar cuales los cuales podemos

del cliente Vs. Requerimientos de son los parámetros más observar en la siguiente tabla:

Tabla 6. Necesidades Vs. parámetros

- 9
- 5
- 3

Necesidades

M
e
t
r
i
c
a

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|----|---|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------|--------------------|----------------------|---------------------------|------------|---------------------|-----------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | | Peso del papel | Largo del papel | Ancho del papel | Espesor del papel | Costo | Fuerza al desgarre | Tiempo de producción | Esfuerzo a la deformación | Elongación | Composición química | Rugosidad | Resistencia a la explosión | Resistencia al aplastamiento | Calidad del papel reciclado |
| 1 | Papel sea apto para impresión, propiedades mecánicas | 5 | 5 | | | | 9 | | | | | | | 9 | 5 |
| 2 | Porcentaje de humedad adecuado | 4 | 3 | 3 | | | 5 | | | | | | 9 | 3 | |
| 3 | Resistencia desgarre, las fibras estén bien entrelazadas. | 5 | | | | | 9 | | | | | 5 | | | 9 |
| 4 | Flexibilidad a la conformación | 4 | | | | | | 9 | | 5 | | | | 5 | |
| 5 | Buen grado de impermeabilidad | 3 | | | | | | | | | 3 | | | | |
| 6 | Resistencia al aplastamiento | 4 | | | 9 | | | | | | | | | | 5 |
| 7 | Estético | 4 | | | | 5 | | | | | | | | | |
| 8 | Variedad de tipos de papel, colores, texturas agradable | 3 | | | | | | | | | | 3 | | | |
| 9 | Ecológico | 4 | | | 5 | | | | | | | | | | |
| 10 | Resistencia a la deformación plástica | 4 | | | | | | | 9 | | | | | 9 | 9 |
| 11 | El papel tendrá un peso y tamaño adecuado | 3 | 5 | 5 | | | | | | 9 | | | | | |
| 12 | Costo razonable del producto | 3 | | | 5 | 9 | | | | | | | | | |

9. ESPECIFICACIONES DEL PAPEL

El tamaño del papel que se fabricara es A3, A4, A5.

Los productos que se quieren producir fueron nombrados en la caja negra figura 10, y estos se eligieron de las encuestas realizadas.

PROPIEDADES DEL PAPEL

Las propiedades del papel se pueden clasificar en propiedades mecánicas o de resistencia.

Una de las propiedades mecánicas es la rigidez, esta dependen de las fibras que forman el papel, entre mas largas sean mayor rigidez obtendrá el papel¹⁰.

Estas fibras pueden ser¹¹:

- **Algodón**: Las fibras tienen una longitud superior a los 12 mm. y se utilizan en la fabricación de papeles finos de escritura.
- **Cáñamo**: Las fibras tienen una longitud superior a los 5 mm. y proceden de cordeles viejos y otros desperdicios. Sirven como materia prima para la producción de papel de fumar.
- **Lino**: Las fibras tienen una longitud entre 6 y 60 mm. y se usan para fabricar papel moneda
- **Paja de cereales**: *Estas fibras se utilizan en la producción de envases para huevos, botes y tubos de papel.*

Una de las propiedades de las fibras celulósicas de origen vegetal es:

- Su alta resistencia a la tracción.
- Flexibilidad a la conformación.
- Resistencia a la deformación plástica.
- Su insolubilidad en el agua.
- Son hidrofílicas.
- Hay un amplio rango de dimensiones.
- Capacidad de establecer enlaces interfibras.

¹⁰ ASUNCIÓN, Joseph. El papel técnicas y métodos tradicionales de elaboración, Barcelona, Ediciones Parramon 2002, P 104.

¹¹ ACOSTA, Jorge. Op. Cit., pág. 10.

- Capacidad para retener aditivos modificantes.
- Estabilidad química.
- Son relativamente blancas.
- Son un recurso renovable.

Las características del papel:

Tabla 7. Características del papel

| | |
|-------------------|--|
| FÍSICAS | Son las que incluyen las pruebas de resistencia a la tensión, a la explosión, al rasgado y al dobléz , así como pruebas como la rigidez, dureza, lisura, densidad, peso y calibre |
| ÓPTICAS | Se tiene la transmitancia a la luz, absorción de la luz y la reflexión de la luz que se miden bajo la forma de opacidad, blancura, brillo y color |
| QUÍMICAS | Incluyen características de la fibra, tales como: contenido de celulosa alfa, contenido de pentosana, viscosidad y número de cobre, así como numerosas pruebas relacionadas con los integrantes no fibrosos del papel como el PH, acidez total, contenido de colofonia, contenido de cenizas, almidón y humedad. Las propiedades de resistencia así como las pruebas de encolado y de penetración del aceite, en ocasiones se consideran como pruebas químicas, aun cuando la penetración sea un fenómeno físico |
| ELÉCTRICAS | Están constituidas por la resistencia dieléctrica, capacidad inductiva específica y la conductividad eléctrica |

Los **tipos de pruebas** que pueden realizarse en el papel son:

Tabla 8. Tipos de pruebas

| | |
|------------------------------|--|
| Medidas fundamentales | La densidad, resistencia dieléctrica, color dureza, absorción de la luz, resistencia a la tensión y calibre. |
| Pruebas subjetivas | Son las primeras que realiza el productor de papel. No tienen valores numéricos pese al esfuerzo de diseñar instrumentos para establecer valores numéricos. Algunos ejemplos serían el tacto, carteo, cuerpo y transparencia. |
| Pruebas de uso | Están relacionadas con los requerimientos del uso del papel, simulan situaciones reales a las que el papel puede estar sometido durante su empleo. Se basan en la combinación de dos o más propiedades fundamentales: permeabilidad de los líquidos, cohesión superficial, capacidad para ser impresos, tolerancia al doblez. Etc. Suministran información acerca de la utilidad del papel aplicado a un fin específico. |

Fuente: pruebas [en línea].México: Todo cartón, 2000[citado: 15 de junio de 2004], disponible en Internet: <http://www.todocarton.com>

Para ver la ficha técnica de papel apto para impresión, ver anexo 6.

Largos y anchos de algunas fibras¹²:

Tabla 9. Largos y anchos de algunas fibras

| FIBRA | LONGITUD (mm) | ANCHURA |
|---------------|---------------|-------------|
| Esparto | 1.5 | 0.011 |
| Paja cereales | 1.5 | 0.013 |
| Bagazo | 1.7 | 0.020 |
| Bambú | 2.7 | 0.014 |
| Abacá | 1.8-6.2 | 0.011-0.018 |
| Sisal | 1.3-2.7 | 0.019-0.037 |
| Algodón | 12-50 | 0.09-0.023 |
| Lino | 10-36 | 0.011-0.020 |
| Ramio | 40-200 | 0.045 |

Otra propiedad mecánica es la resistencia al rasgado, la resistencia superficial y la resistencia a la absorción de agua.

¹² Asunción, Joseph. Op. Cit. Pág. 105.

Las propiedades es la visual, y entre ella están: la blancura, brillo, textura y opacidad del papel.

Otra de las propiedades es el gramaje, que indica el peso en gramos por cada metro cuadrado de la hoja de papel. La estabilidad dimensional, que es a capacidad del papel de mantener sus dimensiones originales al variar las condiciones ambientales o al verse sometido a esfuerzos, y la humedad, que es el contenido de agua como porcentaje del peso total del papel.

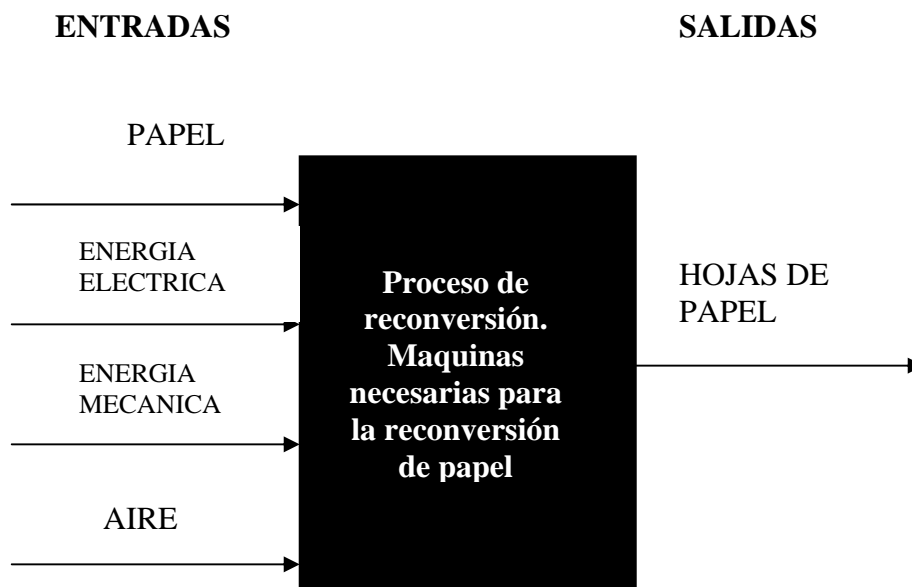
El principio de la fabricación de papel sigue siendo el mismo desde sus principios¹³, el papel que se plantea es un papel artesanal, debido que se elabora de forma manual (La formación de la hoja), se utilizara un marco con una malla fina, con el cual el agua se drena y se le pueden proporcionar formas variadas. El sistema artesanal, consiste en la preparación de la pasta, la formación de la hoja, la salida de la prensa y el acabado.

¹³ Materiales fabricación [en línea]. Salamanca, grupo wanadoo, 2000, [citado: 15 de junio de 2004] disponible en Internet: <http://apuntes.rincondelvago.com/papel-y-celulosa.html>

10. GENERACIÓN DE CONCEPTOS

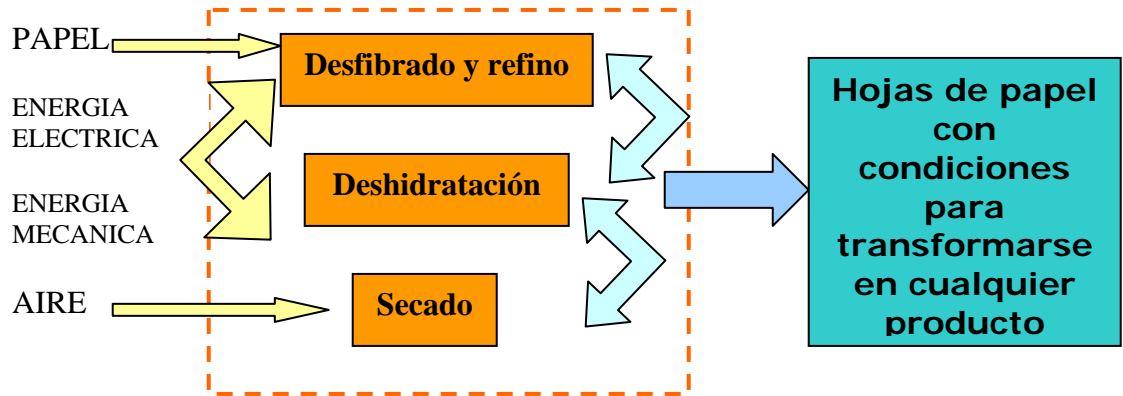
Lo que se desea con este diagrama de caja negra, en la cual se plantean las entradas y salidas del proceso de reconversión del papel es la clarificación del problema, relacionándolo con los conceptos que se deben tener en cuenta para la reconversión del papel:

Figura 8. Diagrama de caja negra



En figura 10 se podrá observar la descomposición del sistema en subsistemas, para tener un análisis más detallado y comprensión del proceso de reconversión del papel reciclado.

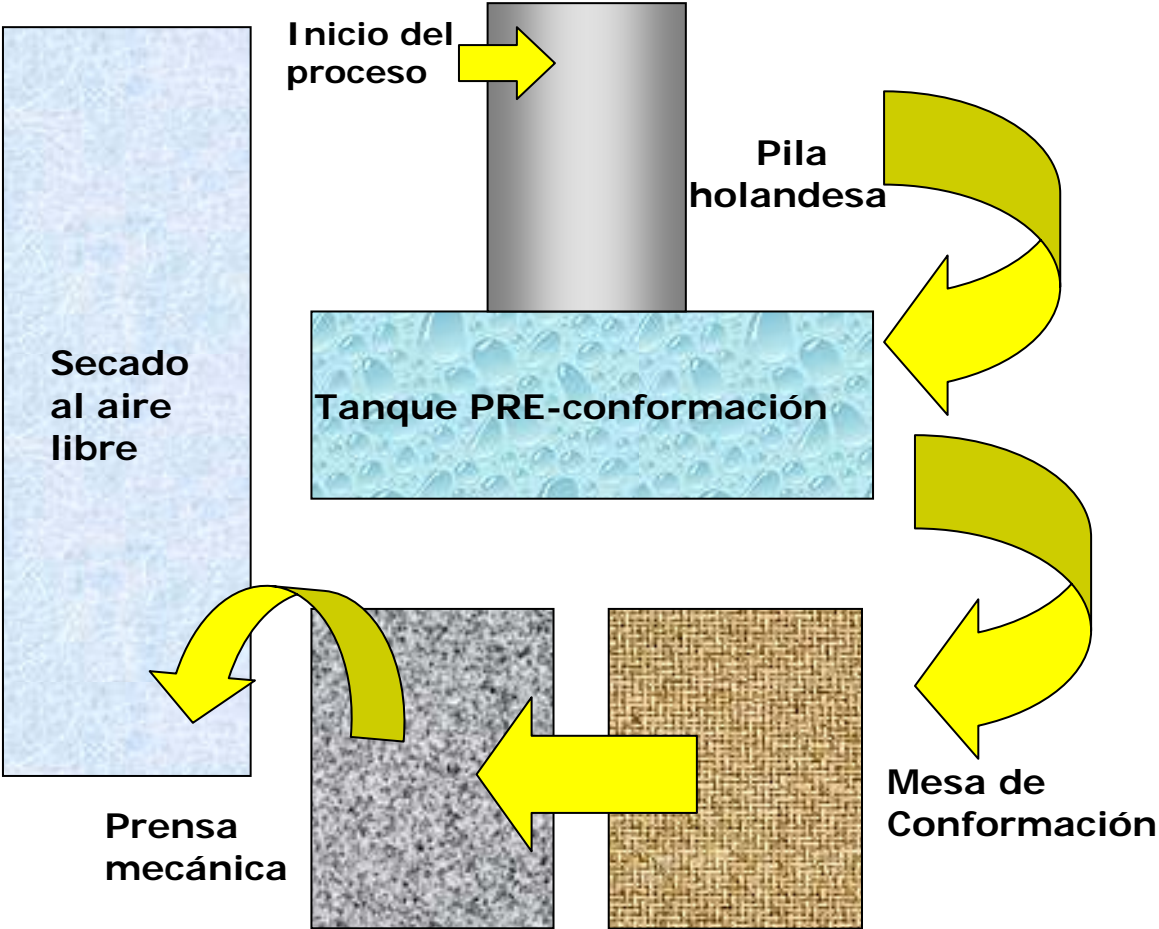
Figura 9. Descomposición del sistema en subsistemas



Para cada operación en el cuadro de las líneas punteadas, se tendrá una máquina para realizar el trabajo, a excepción del aire que se tendrá de forma natural, es decir las hojas ya conformadas se terminaran de secar al aire libre.

Para obtener el producto se seguirá el siguiente recorrido ver figura 10.

Figura 10. Recorrido de fabricación papel



Su aparición en el ámbito papelerero significó un adelanto extraordinario en el proceso, Fue inventada entre los años 1730 y 1750 por un súbdito holandés, resulto un instrumento muy completo y eficaz¹⁴.

La maquina consiste en un recipiente hecho con materiales de acero inoxidable, un bolón de fundición no ferrosa, eje de acero 1020 laminado en caliente, este recipiente tiene los dos extremos redondeados para la facilitación de la circulación de la pulpa y un tabique central que lo divide en dos canales, el eje descansa en dos cojinetes, debajo del bolón se encuentra una platina con la cual el bolón tiene una distancia de 8mm para el desfibrado, pues el efecto que se causa es de ablandamiento.

En uno de los extremos el recipiente esta provisto de un desagüe que consiste en una llave de paso, que también sirve para abastecer el recipiente de agua.

Su funcionamiento es mediante un moto reductor que trasmite una potencia de 2 Hp a 300 r.p.m mediante una polea se reduce a 40 r.p.m, esta polea se acopla al eje que descansa en dos chumaceras y a la vez el eje esta conectado al bolón al que se le trasmite potencia y este hace circular la mezcla de fibra y agua.

El bolón tiene 13 aristas, que están en contacto con las cuchillas fijas (platina) las encargadas de desfibrar y moler.

Características de la pila holandesa:

Velocidad máxima: 40 r.p.m

Potencia: 2 Hp

Capacidad volumétrica: 40 Lt.

Capacidad de proceso: 12.6 Kg/h

Teniendo en cuenta que por cada 38 Lt. de agua 6.3 kg. de papel reciclado, 0.4 kg. de fibra¹⁵.

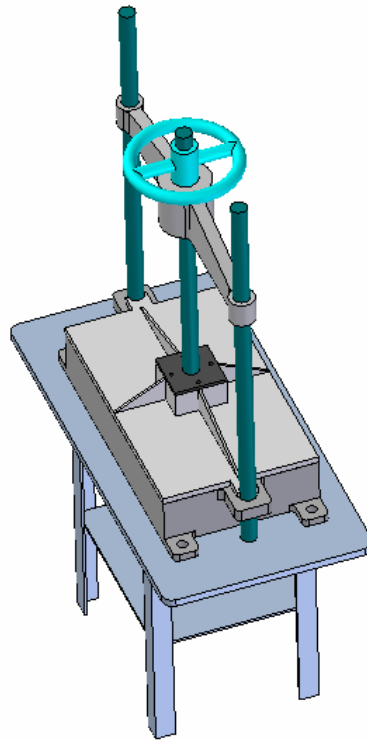
¹⁴ Listado de maquinaria para artes plásticas[en línea].México, Yolanda flores Jacobo, 2004,[citado 15 de junio de 2004], disponible en Internet:<http://www.geocities.com/maquinados1/catalogo.htm>

¹⁵ Datos experimentales Fabrica Salve un Árbol (Cali-Valle)

En el proceso se tendrá producción por baches, los cuales tienen un tiempo de duración de 30 minutos.

11.2. PRENSA MECÁNICA

Figura 12. Prensa mecánica



Esta máquina tiene la función de deshidratar la pasta de papel por medio de un tornillo de potencia que ejerce una presión en la hoja de papel ya formada.

Esta prensa esta compuesta por 2 columnas por las cuales se desplaza una plancha de fundición que es la que ejerce la presión mediante un tornillo de potencia es accionada mediante un volante manual, posee una base superior y una base inferior.

Después de que la hoja ya esta conformada se coloca en la plancha de la prensa, colocándose entre absorbe el agua de cada hoja al aplicar

la presión mediante un volante.

Característica de la prensa mecánica:

Capacidad: 1000Lb.

Capacidad área: 500*300 mm.

Cantidad de hojas comprimidas: 40 cm.

Este proceso se realiza por baches, posteriormente las hojas son colgadas al aire para que termine el secado.

11.3 ELABORACION DE ANALISIS ECONOMICO

Se contaba con dos opciones para moler el papel:

- **Hidro pulper**
- **Pila holandesa**

Se selecciono la pila holandesa, debido a su funcionalidad, ya que, esta se adapta a las múltiples tareas en la elaboración de hojas papel reciclado, como es el refinado y desfibrado, pudiendo utilizar diferentes tipos de materia prima (fibras) como se podía observar en la tabla 3. En caso que la cantidad del papel de la UAO no abastezca la planta piloto se puede pensar en utilizar otras fibras en la producción. Esto no se podría realizar en el hidro pulper.

Se analizaron los costos de la fabricación de la pila holandesa o la compra de esta:

- Fabricación y construcción: 6'849.800
- Comprándola en México: 35'000.000

Para secar el papel se tenía las siguientes opciones:

- ✓ Secador continuo
- ✓ Prensa mecánica

Se selecciono la prensa mecánica por costos y ocupa menor espacio, es una maquina más funcional, sencilla, se adapta a las necesidades y los costos de fabricación son asequibles; el secador es una maquina mucho mas compleja y ocupa un mayor espacio, debido a su complejidad los costos se hacen mucho mayores.

En el siguiente cuadro se podrá observar los costos de las maquinas seleccionadas.

Tabla 10. Costos de fabricación

| PILA HOLANDESA | | | | |
|-----------------------------|----------|---------------------|---------------|--------------|
| MARCAS | CANTIDAD | SISTRONIC | SEW EURODRIVE | FLENDER |
| MOTO REDUCTOR | 1 | \$ 1.280.000 | \$ 1.133.320 | \$ 1.220.000 |
| CARCASA PILA | 1 | \$ 2.000.000 | | |
| PLATINA EN ACERO INOXIDABLE | 1 | \$ 2.000.000 | | |
| BOLON | 1 | \$ 270.000 | | |
| EJE PILA HOLANDESA | 1 | \$ 115.000 | | |
| BASE PILA HOLANDESA | 1 | \$ 650.000 | | |
| SOPORTE SNA 1209 | 2 | \$ 220.000 | | |
| POLEA EJE | 1 | \$ 100.000 | | |
| POLEA MOTOR | 1 | \$ 50.000 | | |
| ARMADO MAQUINA | | \$ 500.000 | | |
| TOTAL | | \$ 5.905.000 | | |
| IVA | | \$ 944.800 | | |
| | | \$ 6.849.800 | | |
| PRENSA TROQUELADORA | | | | |
| BASE PRENSA | 1 | \$ 2.000.000 | | |
| COLUMNA | 2 | \$ 160.000 | | |
| PLATINA PRENSADO | 1 | \$ 1.000.000 | | |
| TORNILLO POTENCIA | 1 | \$ 400.000 | | |
| VOLANTE PRENSA | 1 | \$ 200.000 | | |
| TAPA SEGURO TORNILLO | 1 | \$ 80.000 | | |
| BUJE TORNILLO | 1 | \$ 300.000 | | |
| BUJE COLUMNAS | 2 | \$ 200.000 | | |
| PLATINA PRENSA | 2 | \$ 140.000 | | |
| ARMADO MAQUINA | | \$ 400.000 | | |
| TOTAL | | \$ 4.880.000 | | |
| IVA | | \$ 780.800 | | |
| | | \$ 5.660.800 | | |

| | |
|-------------------|----------------------|
| PILA HOLANDESA | \$ 6.849.800 |
| PRENSA MECANICA | \$ 5.660.800 |
| MOTO REDUCTOR | \$ 1.280.000 |
| GRAN TOTAL | \$ 13.790.600 |

12. DESARROLLO DE LAS MAQUINAS

12.1 CALCULOS Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA LAS MAQUINAS

12.1.1 CALCULOS DE PILA HOLANDESA

Se tiene 40 r.p.m de entrada al eje.

Presión en el desfibrado¹⁶:

$$\Pr = \frac{P}{Lng} \quad (1)$$

P: Peso del bolón

L: Ancho del bolón

n: No de cuchillas

g: Grueso de cuchillas

Se toma $g = 6 \text{ mm}$.

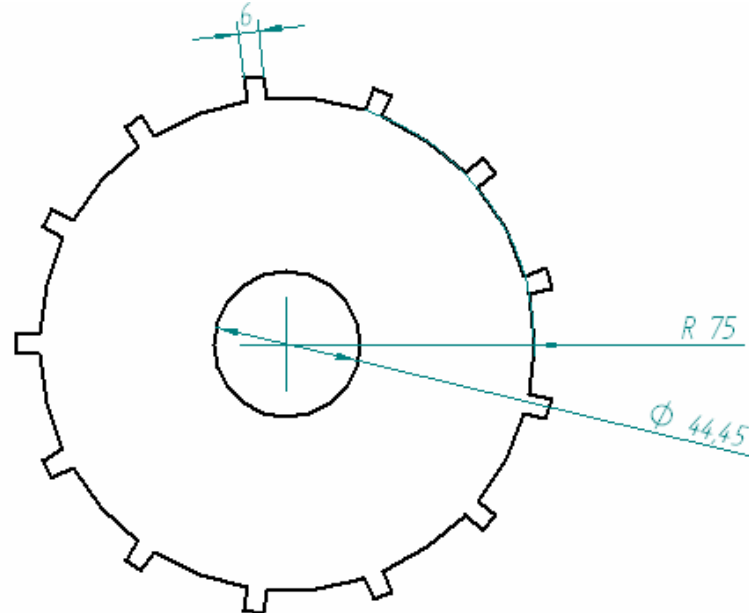
Fuerza que ejerce el bolón para desfibrar:

$$\Pr = \frac{F}{A} \longrightarrow F = Pr * A \quad (2)$$

Número de cuchillas, se encuentra de la siguiente manera:

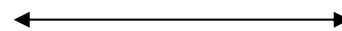
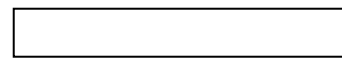
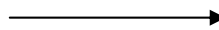
¹⁶ ACOSTA, Jorge. Op. Cit. Pág. 145.

Figura 13. Dimensiones del Bolón



La relación es de 1:5¹⁷

Desarrollo del bolón



C

$$C = 2\pi r$$

$$C = 2\pi(75\text{mm})$$

$$C = 471.23\text{mm}$$

Numero de cuchillas:

$$n = C/36 = \boxed{13 \text{ cuchillas}}$$

El peso del bolón¹⁸:

$$P = D * D * 6.16$$

$$P = 150 * 150 * 6.16 = 138600$$

Se multiplica por un factor que corresponde al del hierro fundido (0.930)¹⁹:

¹⁷ listado para hacer maquinas de artes plásticas Op. Cit., pág. 29.

¹⁸ CASILLAS, A.L. Maquinas, México, Ediciones C, 1996, Pág. 468.

$$P = 138600 * 0.930$$

$$P = 128898 \text{ Kgf. /m} * 0.15\text{m}$$

$$P = 19.35 \text{ Kgf.} \longrightarrow$$

$$P = 189.63 \text{ N}$$

Presión de desfibrado de (1):

$$\text{Pr} = \frac{P}{Lng}$$
$$\text{Pr} = \frac{189.63\text{N}}{0.15\text{m} * 13 * 6 * 10^{-3}\text{m}}$$

$$\text{Pr} = 16207.7 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Pr: Presión en el desfibrado.

Con la presión se halla la fuerza de (2):

$$F = \text{Pr} * A$$

Donde el área del bolón:

$$\text{Área de cilindro} = 6.2832 * r * (r+h)^{20}$$

$$A = 6.2832 * 75\text{mm} * (75+150) \text{ mm}$$

$$A = 106029 \text{ mm}^2 = 0.106 \text{ m}^2$$

$$F = 16207.7 \text{ Pa} * 0.106 \text{ m}^2$$

$$F = 1718.48 \text{ N}$$

F: Fuerza que ejerce el bolón para desfibrar.

Calculando el torque que ejerce el bolón:

$$T = F * D$$

$$T = 1718.48\text{N} * 0.075\text{m}$$

$$T = 128.6 \text{ N*m}$$

¹⁹ *Ibíd.*, Pág. 468.

²⁰ *Ibíd.*, Pág. 468

T: Torque necesario.

Con este torque se puede encontrar la potencia necesaria:

$$P = T \cdot \omega$$

Donde $\omega = 40 \text{ r.p.m} \longrightarrow \omega = 4.18 \text{ Rad/s}$

$$P = 128.9 \text{ N}\cdot\text{m} \cdot 4.18 \text{ rad/s}$$
$$P = 539.9 \text{ W} = 0.72 \text{ Hp} \approx 1 \text{ HP}$$

P: potencia necesaria para el funcionamiento del bolón.

Aplicando a la potencia el factor de servicio que es de 1.6²¹ la potencia debería ser de $2 \text{ Hp} = 13200 \text{ (in.lb)/s}$.

$$T = P/\omega$$
$$T = \frac{13200 \frac{\text{in Lb}}{\text{s}}}{4.18 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

| |
|--|
| $T = 3157.9 \text{ in.Lb} = 356.8 \text{ N.m}$ |
|--|

Fuerzas sobre el eje producidas por la banda

Primero se calcula la fuerza tangencial sobre la polea:

$$F_n = \frac{T}{r}$$

$$F_n = \frac{356.8 \text{ N.m}}{0.1 \text{ m}}$$

$$F_n = 3568 \text{ N}$$

Se selecciono una banda en V tipo B que tiene una capacidad de transmitir de 1-25 Hp²².

²¹ SHIGLEY, Mischke. Diseño en Ingeniería Mecánica Mc Graw Hill 1990 P 1020.

²² Ibíd., Pág. 1080, tabla 17-9.

$$a = 21/32 = 17 \text{ mm}$$

$$b = 7/16 = 11 \text{ mm}$$

Una banda en V tiene tensión en ambos lados y la razón entre la fuerza F_1 del lado tirante y F_2 del lado "flojo" por lo general se supone de 5. La fuerza neta asociada con el par de torsión impulsor es:

$$F_n = F_1 - F_2 \quad (3)$$

Pero la fuerza que flexiona la flecha es F_s :

$$F_s = F_1 + F_2 \quad (4)$$

Combinando estas dos relaciones tenemos:

$$F_s = 1.5 F_n$$

Desde el extremo de la polea.²³

Reemplazando F_n y F_s se encuentra F_1 y F_2 :

$$\begin{aligned} \text{De (3)} \quad 3568 \text{ N} &= F_1 - F_2 \\ F_1 &= 3568 + F_2 \quad (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{De (4)} \quad 5352 \text{ N} &= F_1 + F_2 \quad \text{reemplazo } F_1 \\ 5352 \text{ N} &= 3568 + F_2 + F_2 \end{aligned}$$

$$F_2 = 892 \text{ N}$$

Reemplazando F_2 en (5):

$$F_1 = 4460 \text{ N}$$

Donde F_s es:

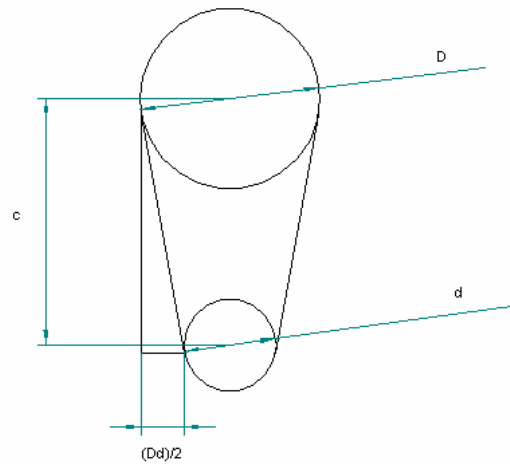
$$F_s = 1.5 * (3568 \text{ N})$$

$$F_s = 5352 \text{ N}$$

Longitud de paso de la banda en V:

²³ NORTON, Robert L. Diseño de máquinas. Prentice hall, año 2001, Pág. 200-225.

Figura 14. Dimensiones polea conductora y polea conducida



d= Polea conductora--- d = 50mm
 D= Polea conducida---- D = 300mm
 c= Distancia entre centros c = 400mm

Longitud de paso de la banda en v^{24} :

$$L_p = 2c + 1.57 * (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4c}$$

$$L_p = 2 * 0.4m + 1.57 * (0.35m) + \frac{(0.25)^2}{4 * 0.4m}$$

$$L_p = 0.8m = 31.4 \text{ in}$$

L_p = Longitud de la banda V.

Para convertir en una longitud convencional²⁵:

| |
|-------------------|
| $L_c = L_p + 1.8$ |
|-------------------|

²⁴ SHIGLEY, Mischke. Op. Cit., Pág. 1080(17-17^a)

²⁵ Ibíd., Pág. 1080(17-11).

$$L_c = 31.4 \text{ in} + 1.8$$

$$L_c = 33 \text{ in} \longrightarrow \text{Longitud de paso } L_c = 0.84\text{m}$$

Para hallar la velocidad de la banda, con el diámetro primitivo de la polea:

$$D_p = 200\text{mm} - b$$

$$D_p = 200\text{mm} - 11\text{mm}$$

$$D_p = 188.89 \text{ mm}$$

$$v_b = \frac{D_p * \pi * N}{60000}$$

$$v_b = \frac{188.89\text{mm} * \pi * 40\text{r.p.m}}{60000}$$

$$v_b = 0.395 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 933.06 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

Con la velocidad de la banda y el diámetro de la polea, encuentro la potencia nominal de la banda:

$$H_n = 2.96 \text{ (Hp)}$$

$$H = k_2 * G * H_n \quad H = \text{Potencia corregida} \quad G = 0.83 \quad K_2 = 0.85^{26}$$

$K_2 = \text{Factor de corrección de longitud}$

$$H = 0.85 * 0.83 * 2.96$$

$$H = 2.08 \text{ Hp Potencia corregida}$$

Como la potencia es 2 Hp, el motor que se utilizará será un moto- reductor de 2 Hp con 300 r.p.m, se tendrá una reducción 6:1

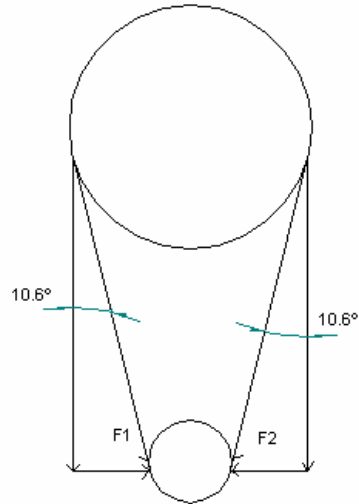
El numero de bandas que necesitara:

$$N = \frac{H_p * F.s}{H} \quad N = \frac{2H_p * 1.2}{2.08H_p} \quad N = 1.1 \approx 1$$

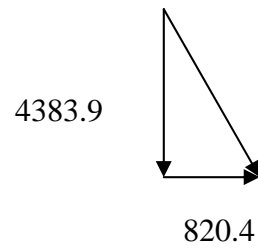
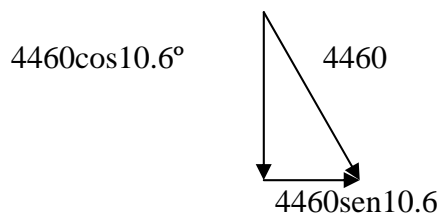
²⁶ Ibíd., Pág. 1080.

El número necesario de bandas es 1 para la potencia del motor

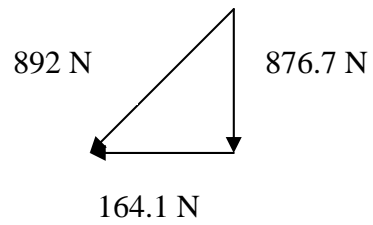
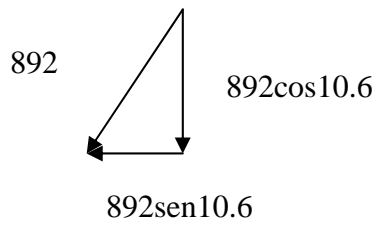
Figura 15. Angulo formado por la banda



$$F1 = 4460\text{N}$$

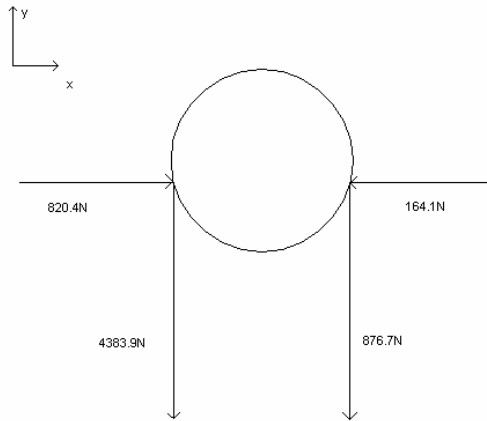


$$F2 = 892\text{N}$$



Las fuerzas sobre el eje quedan:

Figura 16. Fuerza ejercida por la banda



Al hacer el análisis de esfuerzos en tres dimensiones se tiene que la fuerza aplicada por la polea y el bolón producen unas fuerzas en dirección yz y xz son:

Figura 17. Fuerzas que actúan sobre el eje.

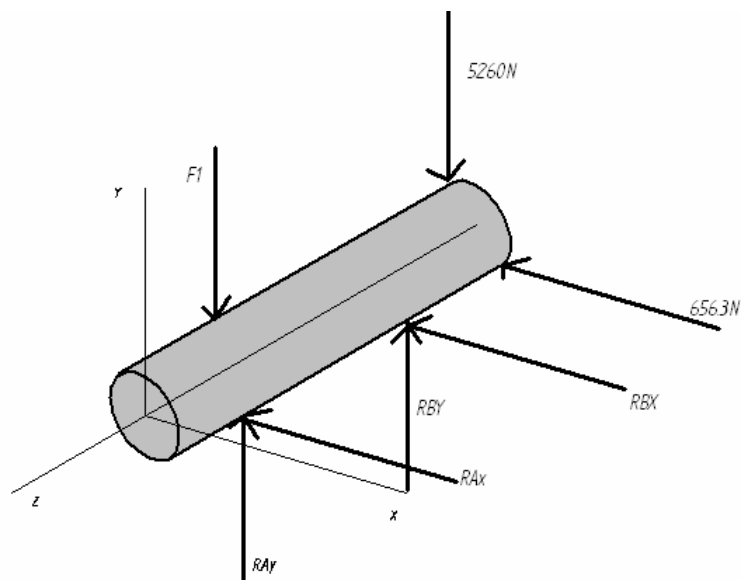
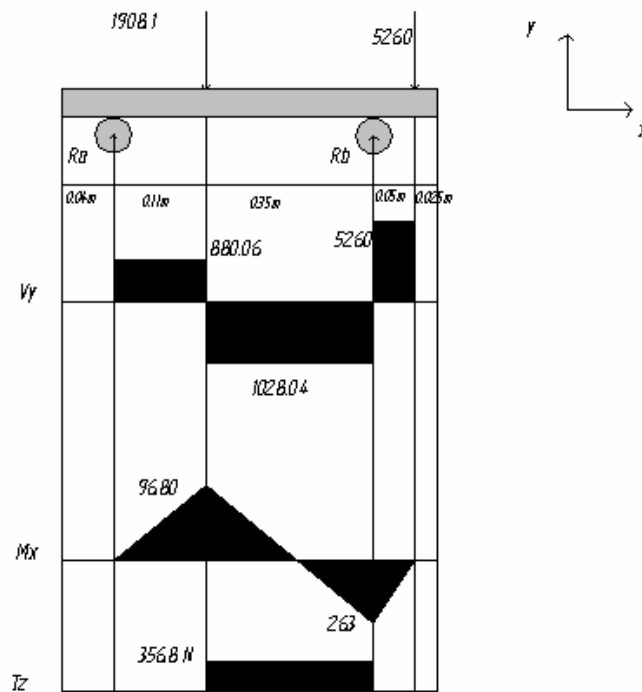


Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas aplicadas sobre el eje en y x:

Figura 18. Diagrama de cortante, momentos y torque Y vs. X



Calculo de las reacciones por estática:

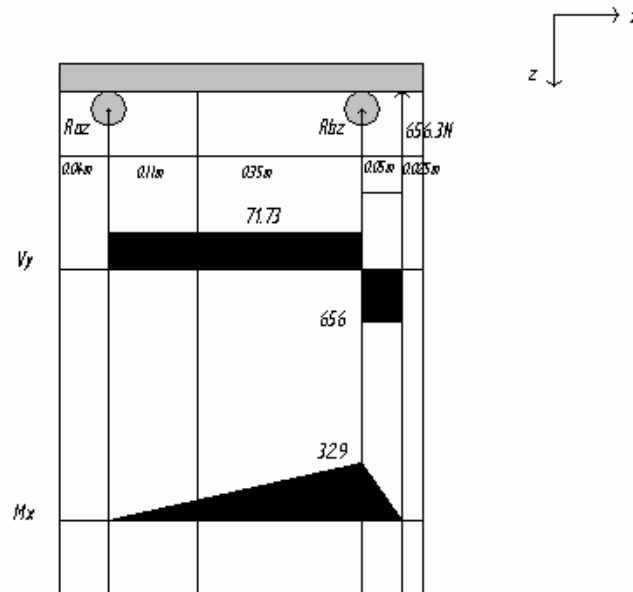
$$\sum F_y = R_{Ay} - 1908.1 \text{ N} + R_{By} - 5260 \text{ N} = 0$$

$$\begin{aligned} \sum M_A &= -(1908.1 \text{ N} * 0.11 \text{ m}) + (R_b * 0.46 \text{ m}) - (5260 \text{ N} * 0.51 \text{ m}) \\ &= -209.9 \text{ N.m} + 0.46 R_b - 2682.6 \text{ N.m} \\ R_{by} &= 6288.04 \text{ N} \end{aligned}$$

Reemplazando \$R_{by} = R_{Ay} = 880.06 \text{ N}\$

Diagrama de cuerpo libre de las fuerzas aplicadas sobre el eje x z:

Figura 19. Diagrama de cortante, momentos y torque X vs. Z



Calculo de las reacciones por estática:

$$\sum F_z = R_{az} + R_{bz} - 656.3 \text{ N} = 0$$

$$\sum M_A = -R_{bz} * 0.46\text{m} + 656.3\text{N} * 0.51\text{m} = 0$$

$$R_{bz} = 727.63 \text{ N}$$

Reemplazando $R_{bz} = R_{az} = -71.33\text{N} \uparrow$

Selección de crítica: $M_r = \sqrt{(M_y^2 + M_x^2)}$

Tabla 11. Sección crítica en el eje,

| Punto | Mr | T |
|-------|--------|---------|
| A | 0 | 0 |
| B | 256.04 | 356.8 * |
| C | 96.8 | 356.8 |
| D | 0 | 356.8 |

Sección crítica B

$$\sigma_x = \frac{M * C}{I} = \frac{32Mr}{\pi d^3} = \frac{32 * 265.04 N.m}{\pi d^3} = \frac{2699.67 N.m}{d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{TC}{J} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 * 356.8 N.m}{\pi d^3} = \frac{1817.16 N.m}{d^3}$$

Circulo de Mohr:

$$A(\sigma_x, \tau_{xy}) = (2699.67, 1817.16)$$

$$B(\tau_{xy}, \sigma_y) = (0, -1817.16)$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \tau_y}{2}\right)^2 + \sigma_{xy}^2}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{2699.67}{2}\right)^2 + 1817.16^2}$$

$$R = 2263.6$$

$$\tau_{max} = R$$

$$\sigma_p = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \quad \sigma_p = \frac{2699.6 + 0}{2} \quad \sigma_p = 1349.8$$

$$\sigma_1 = \sigma_p + R$$

$$\sigma_1 = 1349.8 + 2263.6 = \frac{3613.4}{d^3} \quad \sigma_1 = \frac{3613.4}{d^3}$$

$$\sigma_2 = \sigma_p - R \quad \sigma_2 = 1349.8 - 2263.6 \quad \sigma_2 = \frac{-913.8}{d^3}$$

Teoría de falla de Von Misses:

Se toma esta teoría por que es la más precisa y brinda más confiabilidad al hacer los cálculos.

$$\sigma' \leq \sigma_{Adm}$$

$$\sigma' = (\sigma_1^2 - \sigma_1 * \sigma_2 + \sigma_2^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = 1/d^3 * ((3613.4)^2 - (3613.4) * (-913.8) + (-913.8)^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = (4146.51/d^3)$$

Se escogió un acero 1020 laminado en caliente y un F.s de 2.5. $S_{ut} = 379$ Mpa.

$$\sigma_{Adm} = S_{ut}/F.s \quad \sigma_{Adm} = 379MPa/2.5 \quad \sigma_{Adm} = 189.5Mpa$$

$$\frac{4146.51}{d^3} = 189.5 * 10^6 Pa \quad d = \sqrt[3]{\frac{4146.51}{189.5 * 10^6}} \quad d = 0.028m$$

| |
|------------|
| $d = 28mm$ |
|------------|

Este diámetro es tomado estáticamente.

Diseño dinámico

Análisis de los concentradores de esfuerzos y sección crítica:

Como no se presentan engranes cónicos, ni helicoidales que significan fuerzas axiales sobre el eje, no se harán cálculos con esfuerzos axiales. La concentración de esfuerzos, por lo tanto es debido a cuñas.

$$Mr \min = \sqrt{96.80^2} \quad Mr \min = 96.80 N.m$$

Ahora con este valor se hay el momento medio, el momento alterno, esfuerzo cortante medio y alterno, que se necesita para el análisis de fatiga:

Como el torque es constante $T_{alt} = 0$

$$T \text{ medio} = 49.4 \text{ Lb Ft} = 67.0 \text{ N.m}$$

$$\sigma \min^r = \frac{32 * Mr \min}{\Pi d^3} \quad \sigma \min^r = \frac{32 * 96.80}{\Pi d^3} \quad \sigma \min^r = \frac{985.9}{d^3}$$

$$\tau \min^r = \frac{16T}{\Pi d^3} \quad \tau \min^r = \frac{16 * 356.8}{\Pi d^3} \quad \tau \min^r = \frac{1817.16}{\Pi d^3}$$

Encontrado los esfuerzos alternos y medios:

$$\sigma_{alt} = \frac{M \max - M \min}{2} \quad \sigma_{alt} = \frac{\frac{2699.67}{d^3} - \frac{985.9}{d^3}}{2} \quad \sigma_{alt} = \frac{856.8}{d^3}$$

$$\sigma_{medio} = \frac{M \max + M \min}{2} \quad \sigma_{medio} = \frac{\frac{2699.67}{d^3} + \frac{985.9}{d^3}}{2} \quad \sigma_{medio} = \frac{1842.78}{d^3}$$

$$\tau_{medio} = \frac{\tau \max + \tau \min}{2} \quad \tau_{medio} = \frac{1817.16}{d^3}$$

$$\tau_{alt} = \frac{\tau \max - \tau \min}{2} \quad \tau_{alt} = \frac{\frac{1817.16}{d^3} - \frac{1817.16}{d^3}}{2} \quad \tau_{alt} = \frac{1817.16}{d^3}$$

Aplicando energía de distorsión:

$$R = \sqrt{\frac{\sigma a^2}{2} + \tau a^2} \quad R = \sqrt{\left(\frac{856.8}{d^3}\right)^2} \quad \boxed{R = \frac{428.4}{d^3}}$$

Como $\tau_{\max} = \frac{428.4}{d^3}$

$$\sigma_1 = \frac{\sigma a}{2} + R \quad \sigma_1 = \frac{856.8}{d^3} + \frac{428.4}{d^3} \quad \boxed{\sigma_1 = \frac{1285.2}{d^3}}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma a}{2} - R \quad \sigma_2 = \frac{856.8}{d^3} - \frac{428.4}{d^3} \quad \boxed{\sigma_2 = \frac{428.4}{d^3}}$$

$$\sigma a' = \sqrt{\sigma a_x^2 + \sigma a_y^2 - \sigma a_x \sigma a_y + 3\tau a^2} \quad \sigma a' = \sqrt{\left(\frac{856.8}{d^3}\right)^2 + 3*0}$$

$$\boxed{\sigma a' = 856.8/d^3 N.m}$$

$$\sigma m' = \sqrt{\sigma m_x^2 + \sigma m_y^2 - \sigma m_x \sigma m_y + 3\tau m^2} \quad \sigma m' = \sqrt{\left(\frac{1842.78}{d^3}\right)^2 + 3*\left(\frac{1817.16}{d^3}\right)^2}$$

$$\boxed{\sigma m' = \frac{3647.19}{d^3} N.m}$$

Análisis por fatiga para hallar el diámetro del eje

Para el diseño del eje se utilizara un acero 1020, debido que es un material fácil de encontrar en el mercado y laminado en caliente $S_{ut} = 379 \text{ Mpa}$.

$$S'_e = 0.5 * 379 \text{ Mpa}$$

$$S'_e = 189.5 \text{ Mpa}$$

$$S_e = S'_e * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e$$

Donde:

K_a : Factor de carga K_b : factor de tamaño K_c : Factor acabado superficial
 K_d : Factor de confiabilidad K_e : Factor de temperatura.

$K_a = 1$ Ya que la maquina esta sometiendo al eje a cargas de flexión y torsión.

$K_b = 1.18 d^{-0.097}$ porque se toma un rango entre $8\text{mm} \leq d \leq 250\text{mm}$.

$K_c = A (S_{ut})^B$ De tablas se encontro estas dos constantes, con respecto a un material maquinado y laminado en frío.

$$A = 57.7 \text{ MPa} \quad B = -0.781 \text{ Mpa}$$

$$K_c = 57.7 * (379)^{-0.781} = \mathbf{0.558}$$

$K_d = 99\% = 0.814$ Se tomo un valor de confiabilidad de 90%

$K_e = 1$ Este valor es debido que la maquina no esta sometida a una temperatura $> 450 \text{ }^\circ \text{C}$

Remplazando estos factores se encuentra el límite de resistencia a la fatiga, primero se halla un diámetro tentativo:

$$S_e = 189.5 \text{ Mpa} * 1 * 1.18 d^{-0.097} * 0.558 * 0.814 * 1$$

$$S_e = 102.34 d^{-0.097} \text{ Mpa}$$

Se toma un factor de seguridad $n_f = 2.5$

Reemplazando estos valores encontrados, en:

$$n_f = \frac{S_e * S_{ut}}{(\sigma_a' * s_{ut}) + (\sigma_m' * S_e)}$$

$$2 = \frac{102.34 * 10^6 d^{-0.097} Pa * 379 * 10^6 Pa}{((856.8 / d^3 Nm) * 379 * 10^6 Pa) + ((3647.19 / d^3 Nm) * 102.34 * 10^6 d^{-0.097} Pa)}$$

$$D = 3.39 * 10^{-2} \text{ m} \quad \text{Diámetro tentativo}$$

$$D = 33.9 \text{ mm}$$

Como se tienen cuñeros hay concentración de esfuerzos.

Se escogen cuñas debido que las cargas que se presentan son cortantes, rotación y torsión.

Para seleccionar la cuña:

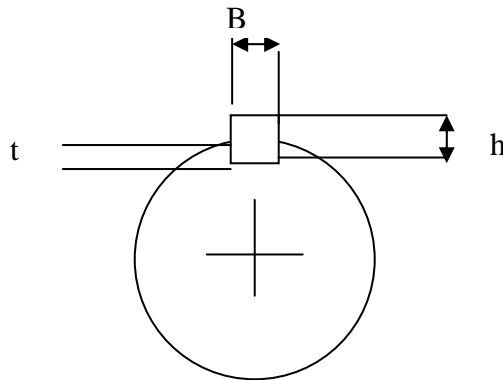
Con el diámetro del eje = 33.9 mm se halló las dimensiones, para una chaveta plana debido que estas son de uso más común, el estándar ANSI define los tamaños de la sección y las profundidades del asiento de cuñas específicas y las profundidades del asiento en función del diámetro, y estas cuñas se recomienda en ejes hasta de 6.5 pulg, por lo tanto estas se pueden utilizar con este eje ²⁷

Tabla 12. Dimensiones cuña

| Diámetro eje mm | Ancho (b) | Alto (h) | Altura del rebaje(t) |
|--------------------|-----------|----------|-------------------------|
| 30 a 38 | 10 | 8 | 3.5 |

²⁷ CASILLAS, A.L. Op. Cit. Pág. 36.

Figura 20. Cuñero del eje



Para encontrar el diámetro de entalladura de la cuña, primero aplicamos fatiga en cuñero, con esto se encuentra el factor de seguridad en la cuña:

$$Fa = \frac{Ta}{r}$$

r: radio de entalladura de la cuña = 0.017m

$$Fa = \frac{356.8N.m}{0.017m}$$

$$Fa = 20988.23N$$

$$Fm = \frac{Tm}{r}$$

$$Fm = \frac{356.8N.m}{0.017m}$$

$$Fm = 20988.23N$$

Donde $T = Ta = Tm$, porque el torque es constante en el eje.

Mediante la teoría de la energía de distorsión: Acero 1010 $Sy = 180\text{Mpa}$
 Tabla E-20 Diseño en Ingeniería mecánica, Shigley-Mischke)

$$Sy = 0.577Sy$$

$$Sy = 0.577(180 \times 10^6 \text{Mpa})$$

$$Sy = 103.8 \text{ MPa} \longrightarrow \text{Resistencia al corte}$$

Se halla el factor de seguridad a la fatiga del corte de la cuña, suponiendo que la longitud de la cuña de 0.05m.

Esfuerzos sobre la cuña:

$$\tau_a = F_a / A_{\text{corte}} = (20988.23\text{N}) / (0.01\text{m} * 0.05\text{m}) = 41.9 * 10^6 \text{Pa}$$

Donde:

Fa: Fuerza aplicada Acorte: Ancho * Longitud de la cuña

$$\tau_m = F_m / A_{\text{corte}} = 20988.23\text{N} / (0.01\text{m} * 0.05\text{m}) = 41.9 * 10^6 \text{Pa}$$

Por esfuerzo de von misses, se encuentra los esfuerzos prima:

$$\sigma_m' = \sqrt{\sigma_{m_x}^2 + \sigma_{m_y}^2 - \sigma_{m_x} \sigma_{m_y} + 3\tau_m^2} \quad \sigma_m' = \sqrt{(41.9 * 10^6)^2}$$

$$\sigma_m' = 41.9 * 10^6 \text{Pa}$$

$$\sigma_a' = \sqrt{\sigma_{a_x}^2 + \sigma_{a_y}^2 - \sigma_{a_x} \sigma_{a_y} + 3\tau_a^2}$$

$$\sigma_a' = \sqrt{(41.9 * 10^6 \text{Pa})^2} \quad \sigma_a' = 41.9 * 10^6 \text{Pa}$$

Se determina el factor de seguridad para la cuña, acero 1010 Sut = 324Mpa:

$$Nf = \frac{1}{\frac{\sigma_a'}{Se} + \frac{\sigma_m'}{Sut}}$$

$$Nf = \frac{1}{\frac{41.9 * 10^6 \text{Pa}}{142.06 * 10^6 \text{Pa}} + \frac{41.9 * 10^6 \text{Pa}}{324 * 10^6 \text{Pa}}}$$

$$Nf = 2.34$$

Teniendo el factor de seguridad en la cuña, se halla la longitud de la cuña:

$$\frac{Ssy}{Nf} = \frac{F}{b * L}$$

$$\frac{103.8 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{2.35} = \frac{20988.23 \text{ N}}{0.01 \text{ m} \cdot L}$$

$$0.01 \text{ m} \cdot L \cdot 103.8 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 2.35 \cdot 20988.23 \text{ N}$$

$$L = 0.047 \text{ m} \quad L = 47.5 \text{ mm}$$

Para resistir aplastamiento, se utiliza el área de la mitad de la cuña:

$$\frac{S_y}{N_f} = \frac{F}{\frac{T \cdot L}{2}}$$

$$\frac{180 \cdot 10^6 \text{ Pa}}{2.35} = \frac{20988.23 \text{ N}}{\frac{0.01 \cdot L}{2}}$$

| | | |
|----------|---|--|
| L = 55mm | → | Longitud necesaria Para resistir Aplastamiento |
|----------|---|--|

Tomando el radio de ranura en el chivetero $r = 0.254 \text{ mm}$

Por tanto:

$$\frac{r}{d} = \frac{0.254}{34} = 0.007$$

Con este valor se encuentran los concentradores de esfuerzos:

| | |
|-------------------------------|---------------|
| $K_t = 3.3$ $K_{ts} = 3.8$ | ²⁸ |
|-------------------------------|---------------|

q =sensibilidad a la ranura. $q = 0.42$

Se reemplazan estos valores para hallar los concentradores de esfuerzos:

²⁸ SHIGLEY, Mischke. Op. Cit. Pág. 39.

Para concentrador por momento:

$$\begin{aligned}K_f &= 1 + (K_t - 1) * q \\K_f &= 1 - (3.3 - 1) * 0.42 \\K_f &= 1.96\end{aligned}$$

Para concentrador por torsor:

$$\begin{aligned}K_{fs} &= 1 + (K_{ts} - 1) * q \\K_{fs} &= 1 - (3.8 - 1) * 0.42 \\K_{fs} &= 2.17\end{aligned}$$

Como ya se encontró los concentradores de esfuerzos, corregimos:

Esfuerzo alterno corregido:

$$\begin{aligned}\sigma_{alt}' &= 856.8 / d^3 * K_f \\ \sigma_{alt}' &= 856.8 / d^3 * 1.96 \\ \sigma_{alt}' &= 1679.32 / d^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{alt} &= 856.8 / d^3 * K_{fs} \\ \tau_{alt} &= 856.8 / d^3 * 2.17 \\ \tau_{alt} &= 3943.2 / d^3\end{aligned}$$

Esfuerzo medio corregido:

$$\begin{aligned}\sigma_{medio}' &= \sqrt{\sigma_x m^2 + 3\tau_{xy} m^2} \\ \sigma_{medio}' &= \sqrt{\left(\frac{1842.78}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{3943.2}{d^3}\right)^2}\end{aligned}$$

$$\sigma_{medio} = 7072.3 / d^3$$

Ahora se reemplaza los esfuerzos alternos y medios primas corregidos, para hallar el diámetro real:

$$n_f = \frac{S_e * S_{ut}}{(\sigma_{a_{corregido}} * S_{ut}) + (\sigma_{m_{corregido}} * S_e)}$$

$$2.5 = \frac{102.34 * 10^6 d^{-0.097} Pa * 379 * 10^6 Pa}{((1679.32 / d^3 Nm) * 379 * 10^6 Pa) + ((7072.3 / d^3 Nm) * 102.34 * 10^6 d^{-0.097} Pa)}$$

$$D_{real} = 4.25 * 10^{-2} \text{ m} \longrightarrow D_{real} = 42.5 \text{ mm}$$

Se toma $d = 44.45 \text{ mm}$, debido que los materiales estándares conseguidos en el mercado $44.45 \text{ mm} = 1.75 \text{ in}$.

| |
|------------------------|
| $D = 44.45 \text{ mm}$ |
|------------------------|

Selección de rodamientos y cojinetes

Con el diámetro del eje $d = 44.45 \text{ mm}$, se eligieron los rodamientos más eficientes, es decir, tenga mayor vida útil. (L).

Para *rodamiento de bolas*, se escogió debido que la magnitud de las cargas van hacer casi siempre las mismas y porque estos rodamientos tienen una vida de duración más larga que la de otros rodamientos, para estos se utiliza:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

Donde:

C: Carga dinámica.

P: Carga en el respectivo cojinete.

L: Vida útil del rodamiento.

Utilizando esta formula se halla la vida útil en los rodamientos a escoger en A y B.

- Para la carga en el cojinete B: $P = 6288.04 \text{ N}$

Soporte de pie SNA catalogo SKF

Rodamiento designación 1209

Capacidad de carga $C = 16000 \text{ N}$

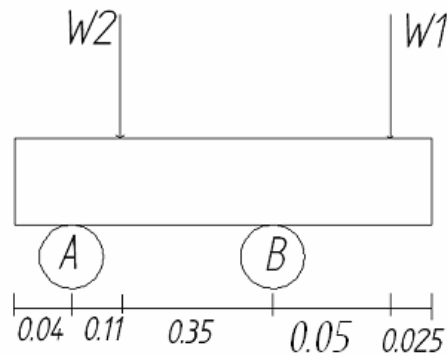
$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad L = \left(\frac{16000}{6288.04}\right)^3 \quad L = 4467.66$$

- Para la carga en el cojinete A: $P = 880.06 \text{ N}$
Soporte de pie SNA catalogo SKF
Rodamiento designacion 1209
Capacidad de carga $C = 16000 \text{ N}$

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad L = \left(\frac{16000}{880.06}\right)^3 \quad L = 6009.28$$

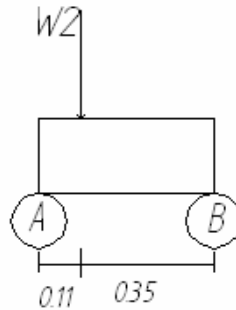
Velocidades críticas del eje

Figura 21. Diagrama de cuerpo libre



DEFORMACION EN A CON RESPECTO A W2:

Figura 22. Sección A-B



$$\delta_{AB} = \frac{P1 * b * a(L^2 - a^2 - b^2)}{6 * L * E * I}$$

Debido que la carga W2 se encuentra $0.11 < 0.35$ se utiliza esta formula para calcular la deformación de una viga con doble apoyo:

La masa del eje:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Donde el volumen del eje } V = A * L = ((\pi * d^2) / 4) * L$$

$$V = ((\pi * (0.045\text{m})^2) / 4) * 0.575\text{m}$$
$$V = 9.14 * 10^{-4} \text{m}^3$$

Con el volumen se encuentra la masa que hay en el eje:

$$m = \rho * V \quad m = 7850 \text{Kg} / \text{m}^3 * 9.14 * 10^{-4} \text{m}^3 \quad m = 7.17 \text{Kg}$$

La inercia del eje:

$$J = \frac{\pi * d^4}{32}$$
$$J = \frac{\pi * 0.045^4}{32}$$

$$J = 4.02 * 10^{-7} m^4$$

Donde la deformación total es:

$$\rho_1 = \rho_{1W1} + \rho_{1W2}$$

Se encuentra la deformación ρ_{1W2} :

$$\delta_{1W1} = \frac{P_1 * b * a (L^2 - a^2 - b^2)}{6 * L * E * I}$$

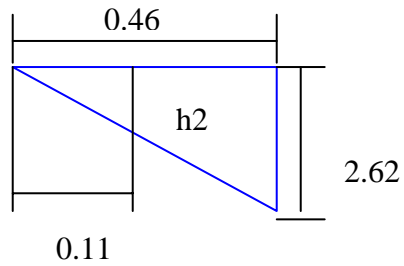
$$\delta_{1W1} = \frac{189.63N * 0.35m * 0.11m(0.46^2 - 0.11^2 - 0.35^2)}{6 * 200 * 10^6 Pa * 4.02 * 10^{-7} m^4 * 0.46m}$$

$$\delta_{1W1} = 3.602 * 10^{-6} m$$

Deformación de A en 1 respecto a la carga W2 que es el peso del bolón.

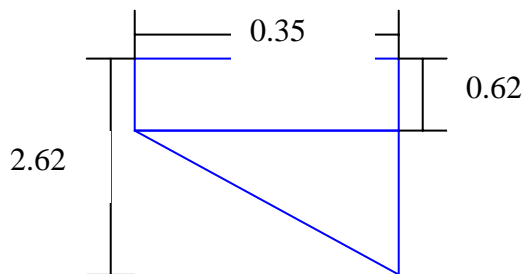
DEFORMACION EN A CON RESPECTO A W1:

Figura 23. Diagrama de momentos con respecto a W1



$$\frac{2.62}{0.46} = \frac{h2}{0.11} \quad h2 = 0.62$$

Figura 24. Diagrama de momentos con respecto a W1

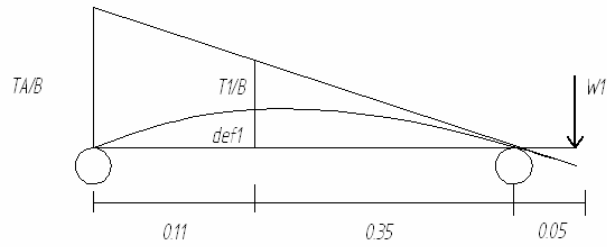


$$tA/2 = \frac{1}{EI} \left[(0.62 * 0.35) * \left(\frac{0.35}{2} \right) + \left(\frac{0.35 * 2}{2} \right) * \left(\frac{2}{3} * 0.35 \right) \right]$$

$$tA/2 = 1.46 * 10^6$$

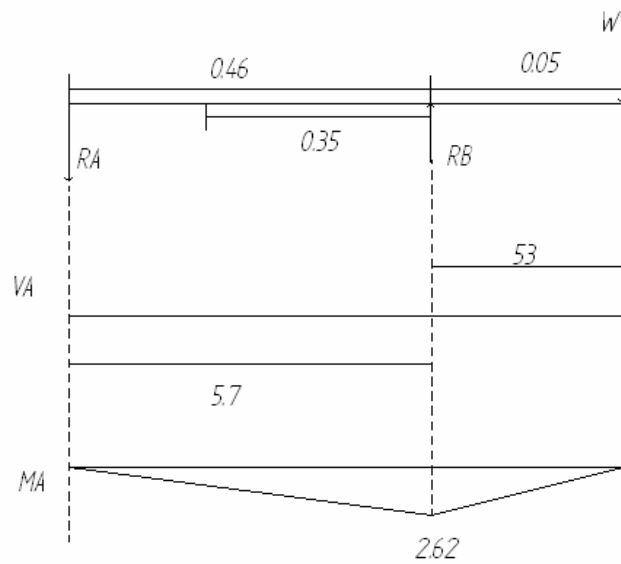
Figura 25. Deformación con W1

def1 = ρ1



$$\frac{tA/B}{0.46} = \frac{tA/2 + \rho l W1}{0.35} \quad (*)$$

Figura 26. Diagrama de momentos y cortantes



$$\sum F_Y = 0; RA + RB - W1 \quad RA = -5.7N$$

$$\sum MA = 0; RB * 0.46m - 53N * 0.51m$$

$$RB = 58.7N$$

Se halla TA/B y TA/2 con el método de área y momentos:

$$TA/B = \frac{1}{EI} * \sum \text{areademomentos} / B_A * X \text{trazol}$$

$$TA/B = \frac{1}{EI} * \sum \left(\frac{2.62 * 0.46}{2} \right) * \left(\frac{2}{3} * 0.46 \right)$$

$$TA/B = \frac{1}{200 * 10^9 \text{ Pa} * 4.02 * 10^{-7} \text{ m}^4} * (0.6026 * 0.306)$$

$$TA/B = 2.29 * 10^{-6} \text{ m}$$

Se despeja y se reemplaza los valores de TA/2 y TA/B :

$$\frac{tA/B * 0.35}{0.46} - tA/2 = \rho l W1$$

$$\frac{2.29 * 10^{-6} \text{ m} * 0.35 \text{ m}}{0.46 \text{ m}} - 1.46 * 10^{-6} \text{ m} = \rho l W1$$

$$\rho l W1 = 2.82 * 10^{-7} \text{ m}$$

Por tanto la deformación en A:

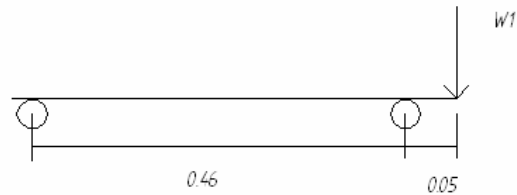
$$\rho l = \rho l W2 + \rho l W2$$

$$\rho l = 2.29 * 10^{-6} \text{ m} + 3.602 * 10^{-6} \text{ m}$$

| |
|-------------------------------------|
| $\rho l = 3.88 * 10^{-6} \text{ m}$ |
|-------------------------------------|

DEFORMACION EN B CON RESPECTO A W1:

Figura 27. Deformación en B con respecto a W1



La deformación que podría darse en el eje con la fuerza $W2$ con los dos apoyos se muestra en la siguiente figura:

Figura 28. Diagrama con la carga $W2$

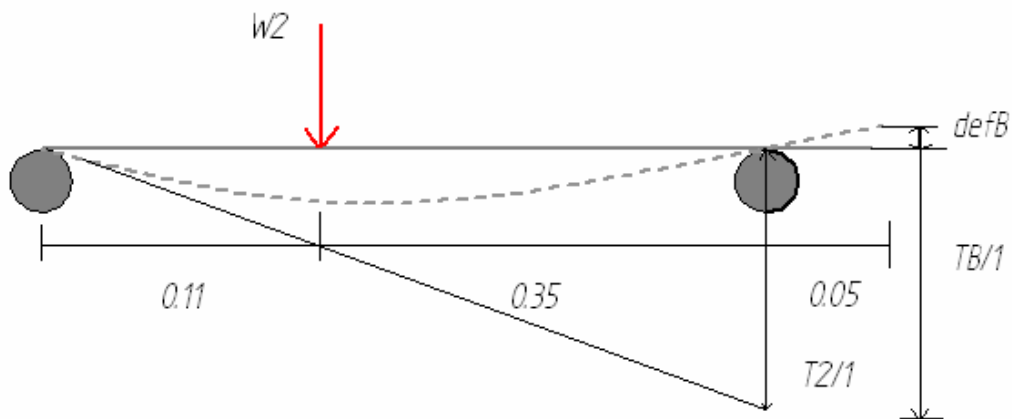
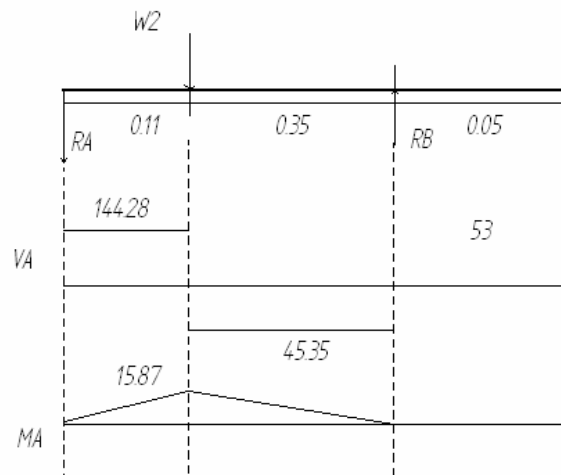


Figura 29. Diagrama de momentos y cortantes



$$\sum F_Y = 0; R_A + R_B - 189.63 \quad R_A = 144.28\text{N}$$

$$\sum M_A = 0; R_B \cdot 0.46\text{m} - 189.63\text{N} \cdot 0.11\text{m} = 0$$

$$R_B = 45.35\text{N}$$

Se halla $T_{2/1}$ con el método de área y momentos:

$$T_{2/1} = \frac{1}{EI} * \sum \text{areadementos} / 2 * X \text{trazo} 1$$

$$T_{2/1} = \frac{1}{EI} * \sum \left(\frac{15.87 * 0.11 * 0.0074}{2} \right) * \left(\frac{15.87 * 0.35 * 0.2266}{2} \right)$$

$$T_{2/1} = \frac{1}{200 * 10^9 \text{ Pa} * 4.02 * 10^{-7} \text{ m}^4} * (0.6364)$$

$$T_{2/1} = 7.91 * 10^{-6} \text{ m}$$

$$\frac{t_{2/1}}{0.46} = \frac{T_{b1}}{0.51}$$

$$T_{b1} = \frac{7.91 * 10^{-6}}{0.46} * 0.51 \quad T_{b1} = 8.76 * 10^{-6} \text{ m}$$

$$\frac{\rho B_1}{0.05} = \frac{TB_1}{0.51}$$

$$\rho B_1 = 8.588 * 10^{-7} m$$

Por tanto la deformación en B, reemplazando estos valores:

$$\rho B = \rho B_1 + \rho B_2$$

$$\rho B = 8.588 * 10^{-7} m + 2.74 * 10^{-8} m$$

$$\rho B = 8.862 * 10^{-7} m$$

Se encuentra con las deformaciones halladas la frecuencia natural del eje, esta depende de los elementos que se encuentran en el sistema, con la frecuencia natural se puede saber si el eje puede encontrarse en resonancia, al haber una frecuencia forzadora (esta se produce debido a las cargas que varían con el tiempo)

$$\frac{W_n}{W_f} = 1$$

Se aplica Rayleigh:

$$W_n = \sqrt{\frac{g * [\rho_1 W_2 + \rho_2 W_1]}{\rho_1^2 W_2 + \rho_2^2 W_1}}$$

$$W_n = \sqrt{\frac{9.81 m/s^2 * [3.88 * 10^{-6} m * 189.63 N + 8.862 * 10^{-7} * 53 N]}{(3.88 * 10^{-6})^2 * 189.63 N + (8.862 * 10^{-7})^2 * 53}}$$

$$W_n = \sqrt{\frac{0.0076}{2.89 * 10^{-9}}}$$

$$W_n = 1619.97 rad / s$$

$$Wn = 1619.97 \text{ rad/s} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$

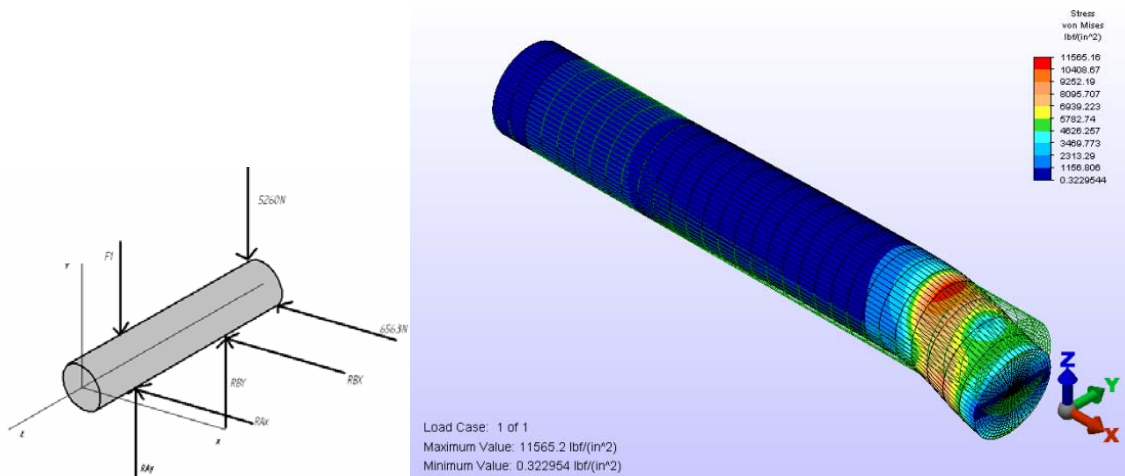
$$Wn = 15469.53 \text{ r.p.m}$$

$$\frac{Wn}{Wf} = \frac{15469.53 \text{ r.p.m}}{40 \text{ r.p.m}} = 386.73$$

El eje no entrara en resonancia.

Se realizo una simulación en ALGOR de las fuerzas que actúan sobre el eje, para saber su comportamiento, en la siguiente figura, se podrá observar.

Figura 30. Simulación ALGOR eje de la pila holandesa



Se observa que el eje se flexionaría con un esfuerzo de 11565.16 Lbf/in² en esta parte del eje.

Capacidad de la máquina Pila Holandesa:

Area: 1428.32 mm^2 $h = 153 \text{ mm}$

Volumen=: $\text{Area} \cdot h = 252528 \text{ mm}^2 \cdot 153 \text{ mm}$

Volumen = $38636784 \text{ mm}^3 = 38.63 \text{ Lt}$

12.1.2 CÁLCULOS DE LA PRENSA MECÁNICA

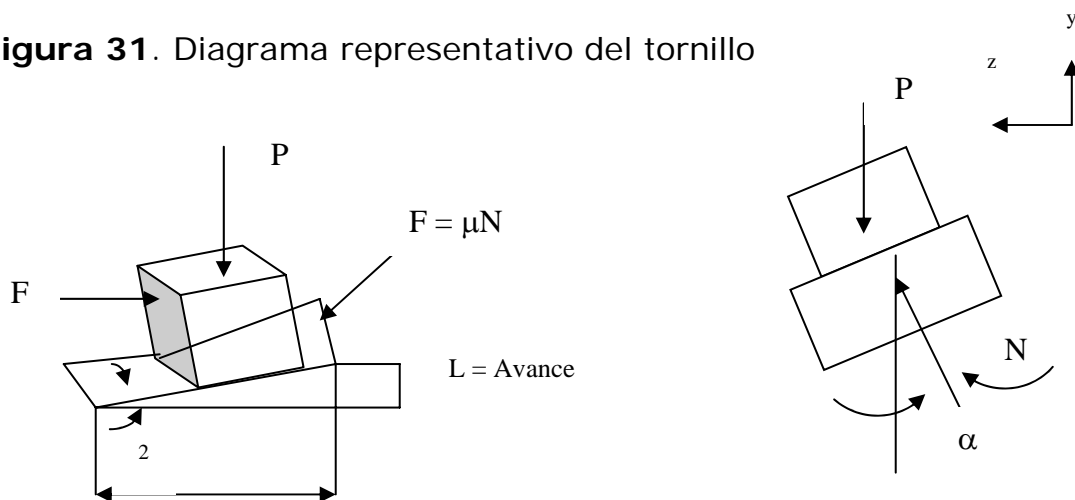
• TORNILLOS DE POTENCIA

Los tornillos de potencia sirven para convertir movimiento rotatorio en movimiento lineal en actuadores, maquinas de producción, gatos elevadores, entre muchas otras aplicaciones. Son capaces de obtener ventajas mecánicas muy elevadas y por lo tanto, tiene capacidad para elevar o mover grandes cargas. En estos casos se requieren una forma de rosca muy resistente.

- Carga axial = 1000 Lb.
- $\mu = 0.15$ Lubricación por aceite
- Tornillo Acme 1.25-5 de un solo inicio.
- Diámetro del collarín

Se analizo y se decidió diseñar una rosca Acme.

Figura 31. Diagrama representativo del tornillo



Donde:

$$\begin{aligned}
 Tu = T_{su} + T_c &\Rightarrow Tu = \frac{Pdp}{2} \frac{(\pi \mu dp + L \cos \alpha)}{(\pi dp \cos \alpha - \mu L)} + \mu c p \frac{dc}{2} \\
 Td = T_{sd} + T_c &= \frac{Pdp}{2} \frac{(\mu \pi dp - L \cos \alpha)}{(\pi dp \cos \alpha + \mu L)} + \mu c p \frac{dc}{2} \\
 Tu &= \frac{Pdp}{2} \left(\frac{\mu \pi dp - L \cos \alpha}{\pi dp \cos \alpha - \mu L} \right) + \mu c P \frac{dc}{2} \\
 &= \frac{1000(1.15)}{2} \frac{(0.15 \pi (1.15) + 0.2 \cos 14.5)}{\pi (1.15 \cos 14.5 - 0.15(0.2))} + 0.15(1000) \frac{1.75}{2} \\
 Tu &= 122 + 131.2 = \boxed{253.2 \text{ Lb} \cdot \text{in}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Td = T_{sd} + T_c &= \frac{Pdp}{2} \frac{(\mu \pi dp - l \cos \alpha)}{(\pi dp \cos \alpha + \mu l)} + \mu c P \frac{dc}{2} \\
 Td &= \frac{1000(1.15)}{2} \frac{(0.15 \pi (1.15) - 0.2 \cos 14.5)}{(\pi (1.15) \cos 14.5 + 0.15(0.2))} + 0.15(1000) \frac{1.75}{2} \\
 Td &= 56.8 + 131.2 = 188 \text{ Li} \cdot \text{in}
 \end{aligned}$$

• EFICIENCIA DEL TORNILLO

- La eficiencia de cualquier sistema se define como trabajo de salida / trabajo de entrada.

El trabajo efectuado sobre un tornillo de potencia es el producto del par de torsión y del desplazamiento angular (en radianes), mismo que para una revolución del torno es:

$$W_{in} = 2 \pi T$$

El trabajo entregado a la salida

$$W_{out} = PL$$

La eficiencia es:

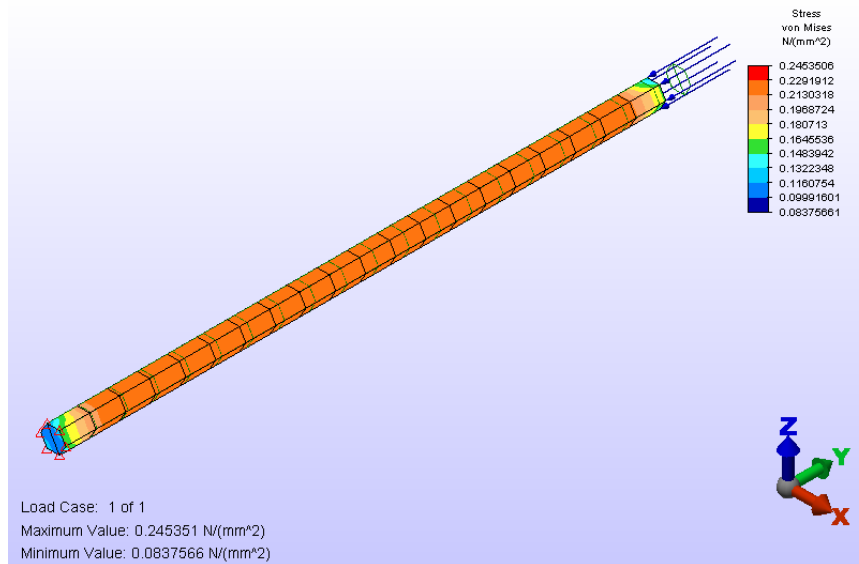
$$\begin{aligned}
 e &= \frac{W_{salida}}{W_{entrada}} = \frac{PL}{2 \pi T} \\
 e_{\text{tornillo}} &= \frac{1000(0.2)}{2 \pi (122.0)} = 0.26 \\
 &\cong 26\%
 \end{aligned}$$

La eficiencia es bastante baja debido al disminuyéramos la eficiencia seria más costos para la fabricación y para el prensa no amerita tener costos ya que

coeficiente de fricción si lo alta pero esto implicaría mas trabajo que se requiere esta el trabajo es muy liviano.

Se realizó una simulación de las fuerzas que actúan sobre la columna, para saber su comportamiento, en la figura 23, se podrá observar.

Figura 32. Simulación ALGOR columna prensa



Se puede observar que la fuerza que actúa en la columna es de compresión, la que llevara las fuerzas hacia el centro.

No se realizó cálculos de pandeo y análisis de fuerza a la estructura ya que la máquina va soportar cargas muy pequeñas ya que las cargas serán de 50 a 60 libras.

Características:

Capacidad área: 500*300 mm.

Cantidad de hojas comprimidas: 40 cm.

Capacidad: 1000Lb.

13. CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto se logran los objetivos de iniciar el proyecto piloto de recuperación de papel en la Universidad, se buscaron los métodos que posiblemente deben llevarse a cabo para la reconversión, se diseño y se seleccionó a manera de detalle- todos los componentes de la pila holandesa, prensa mecánica, de tal forma que pueda llevarse a cabo su construcción, con materiales, a un costo reducido en comparación importación de estas máquinas.

Con la implementación de este proyecto se solucionara el problema de la acumulación de residuos sólidos, brinda la oportunidad a la comunidad de participar en las actividades de reciclaje, y ayuda a la concientización que en todos los países sé esta tratando de imponer la "producción más limpia"

En el diseño del eje de la pila holandesa se obtuvo el diámetro del eje de $1\frac{3}{4}$ in mediante cálculos de carga estática, dinámica y fatiga, garantizando que el eje no fallara. Se realizaron los cálculos de velocidad críticas y se encontró que a la velocidad a la cual trabajara la maquina nunca entrara en resonancia, al evaluar que potencia necesitaba la maquina se escogió un moto reductor de 2 HP con salida de velocidad a 300 r.p.m, se escogió que la carcasa de la pila holandesa se debería fabricar en acero inoxidable 304 debido a que esta se mantendrá constantemente en contacto con agua y así se evitara una corrosión rápida al material.

En el diseño de la prensa mecánica se escogió un tornillo de potencia con rosca acmé debido a que esta es mucho más eficiente que la cuadrada, se realizaron los cálculos para que este tornillo pueda aplicar una carga de hasta 1000lb.

BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, Jorge. Manual del fabricante de papel, Barcelona, Parramon ediciones, 2004, Pág. 250 P.

ASUNCIÓN, Joseph. El Papel técnicas y métodos tradicionales de elaboración, Barcelona, Parramon ediciones s.a, año 2004, 300 P

Base de Datos: empresas de papel [disquete].Santiago de Cali: cámara de comercio Cali, 2004, 3000 registros

CASILLAS A.L, Máquinas, México, editorial C, 1996, 520 P.

Ciclo de vida fabricación de papel y cartón [en línea]. Madrid fundación ecológica y de desarrollo, 2002, [citado: 15 de junio de 2004] disponible en Internet: <http://www.reciclajepapel.org>

Impacto de producción de papel. 1997 [en línea] Argentina: Greenpeace, 1997, [citado: 15 de junio de 2004] disponible en Internet: <http://www.greenpeace.org.ar>

LARDNER TJ. ARCHER R, Mecánica de sólidos, México, Mc Graw hill, año 1996, 802 P

Listado de maquinaria para artes plásticas[en línea].México, Yolanda flores Jacobo, 2004,[citado: 15 de junio de 2004], disponible en Internet: <http://www.geocities.com/maquinados1/catalogo.htm>

Materiales fabricación [en línea]. Salamanca, grupo wanadoo, 2000, [citado: 15 de junio de 2004],disponible en Internet: <http://apuntes.rinondelvago.com/papel-y-celulosa.html>

NORTON, Robert L. Diseño de máquinas, México, Prentice hall, año 2001, Pág. 200-225

SHIGLEY-MISCHKE, Diseño en Ingeniería mecánica, Boston, Prentice hall, año 2001, Pág. 1100

WARREN J, Duff Jon. fundamentos de dibujo en Ingeniería, Buenos aires, Prentice hall, año 1994, 726 P

Pruebas [en línea].México: Todo cartón, 2000,[citado: 15 de junio de 2004] disponible en Internet: <http://www.todocarton.com>

ENCUESTA

Nombres y Apellidos

Es estudiante o es empleado de la UAO.

Con que frecuencia compra productos de papel en la universidad (no se tiene en cuenta fotocopias) como tarjetas, hojas, sobres, esquelas, poster, revistas)

Una vez por semana dos veces por semana más veces

Ninguna vez si fue esta opción diga por que.

Que productos de papel compra más frecuentemente:

- Tarjetas
- Sobres
- Tarjetas de presentación
- Álbumes
- Agendas
- Catálogos
- Volantes En que cantidades

Papel artesanal

Papel blanco

Si respondió papel artesanal diga por que:

ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PAPEL

| DESIGNACION | PESO BASE (g/m²) | HUMEDAD (%) | TEA DL (N/m²) |
|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Papel artesanal 90g | 90+/-4 | 7,5 +/- 1 | 60+/-5 |
| RESISTENCIA A LA EXPLOSION | RUGOSIDAD | ELONGACION DL (%) | ELONGACION DT (%) |
| 275+/-25 | 30+/-1 | 1,75 +/- 0,25 | 5+/-0,5 |
| TEA DT (N/m²) | TENSION DL (N/15mm) | TENSION DT (N/15mm) | |
| 60+/-5 | 70+/-5 | 35+/-5 | |
| RASGADO DL (mN) | RASGADO DT(mN) | | |
| 1000+/-50 | 1300+/-100 | | |

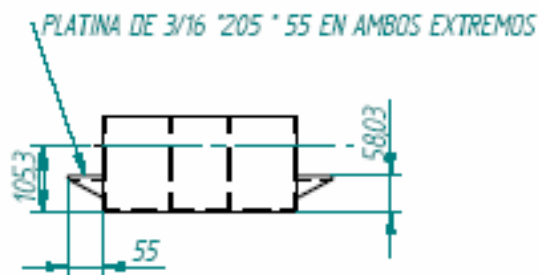
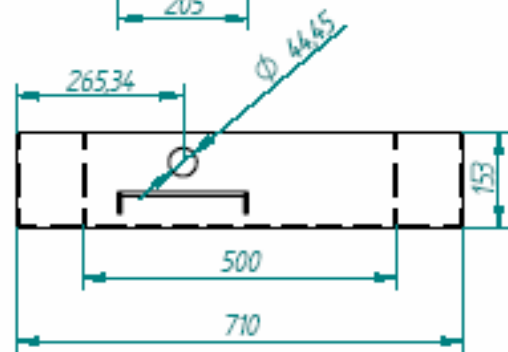
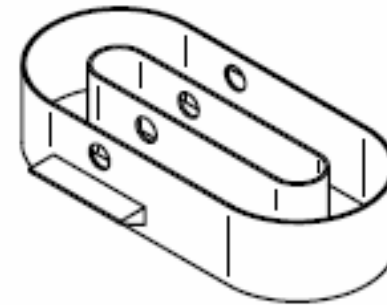
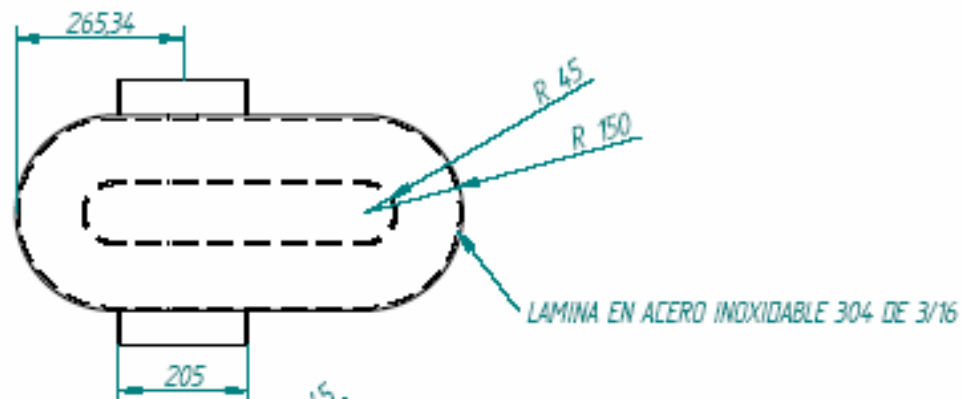
Abreviaturas:

DT: Direccion transversal

DL: Direccion longitudinal

TEA: Resistencia al aplastamiento

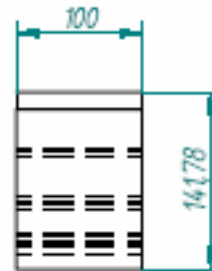
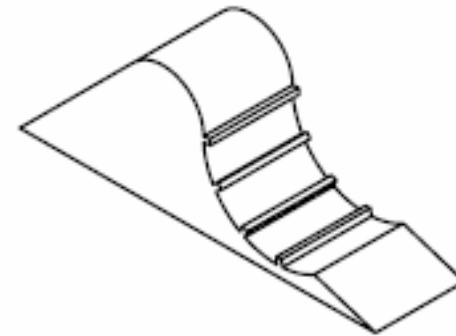
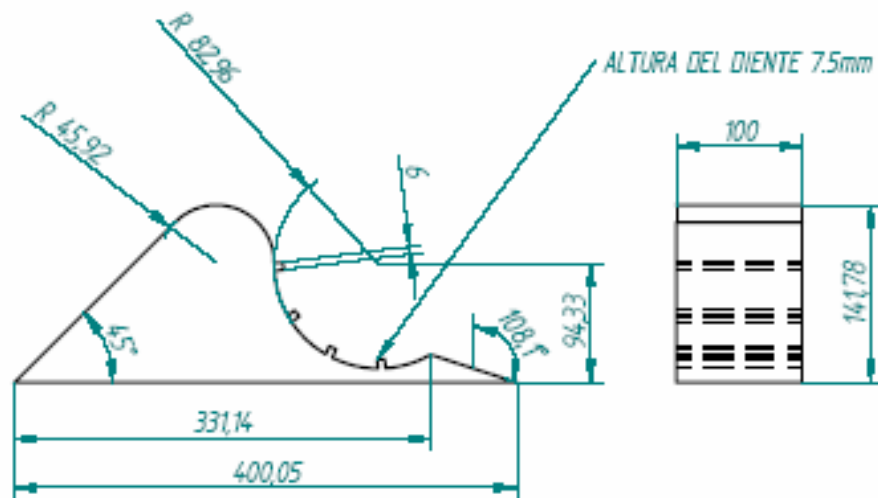




NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

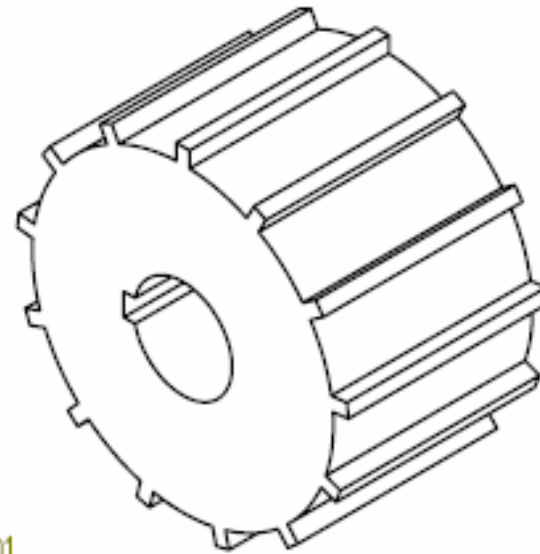
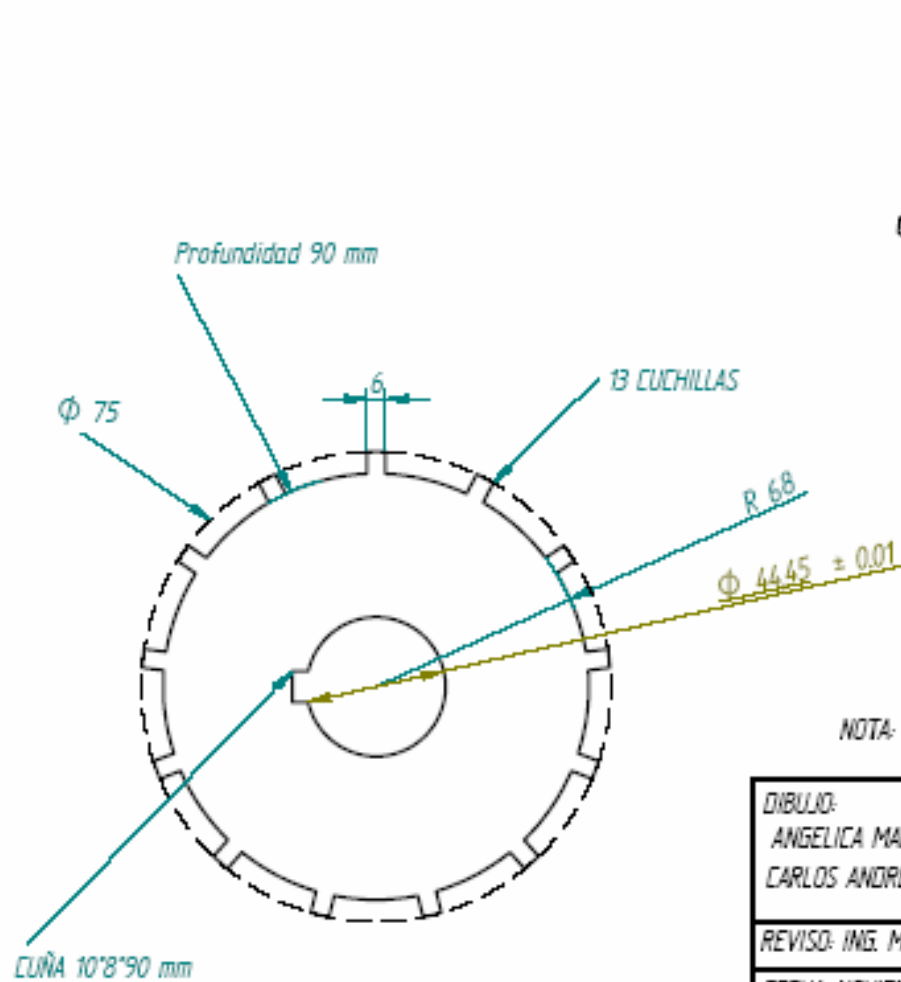
| | | | |
|---|--|--|------------|
| DIBUJÓ: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISÓ: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | | PIEZA: CARCAZA PILA | |
| MATERIAL: ACERO INOXIDABLE 304 | | Escala 1 : 10 | Plano N° 1 |

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

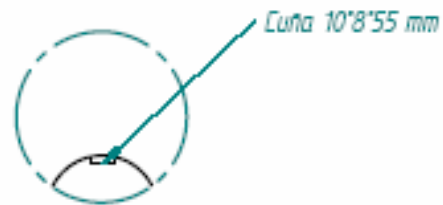
| | | |
|---|---|------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PILA HOLANDESA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | PIEZA: PLATINA | |
| MATERIAL: ACERO INOXIDABLE | EscalaB 1 : 10 | Plano N° 2 |



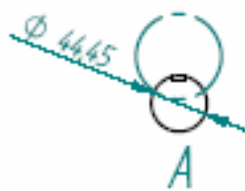
NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

| | | |
|---|--|------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO- PILA HOLANDESA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | PIEZA: BOLON | |
| MATERIAL: HIERRO FUNDIDO | Escala 1:10 | Plano N° 3 |

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



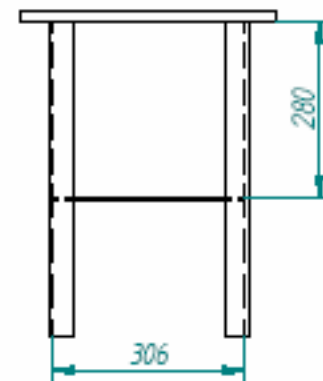
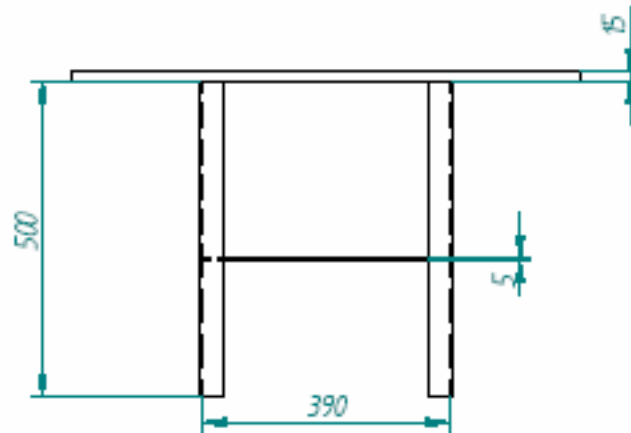
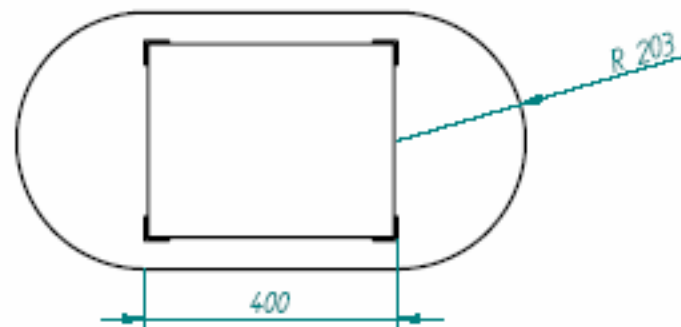
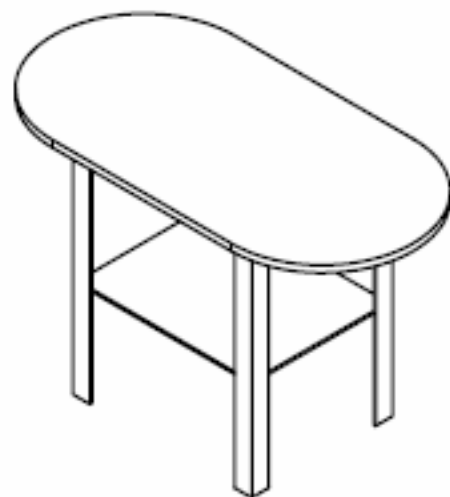
DETALLE A



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

| | | |
|---|---|-----------|
| DIBUJÓ: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISÓ: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PILA HOLANDESA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | PIEZA: EJE PILA HOLANDESA | |
| MATERIAL: ACERO 1020 | Escala 1 : 10 | Plano N°4 |

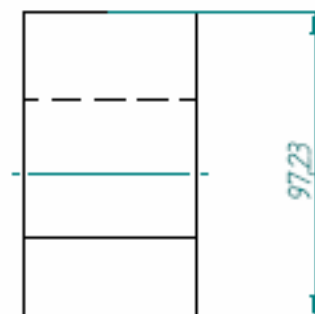
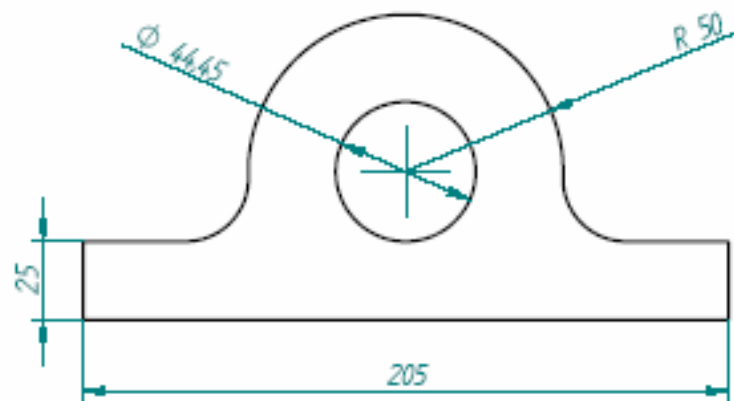
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

| | | | |
|---|--|---|------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PILA HOLANDESA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | | PIEZA: BASE PILA HOLANDESA | |
| MATERIAL: ACERO 1020 | | Escala: 1 : 10 | Plano N° 5 |

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

DIBUJÓ:
ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA
CARLOS ANDRES NIETO SERNA

REVISÓ: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO

FECHA: NOVIEMBRE 2004

MATERIAL: HIERRO FUNDIDO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE

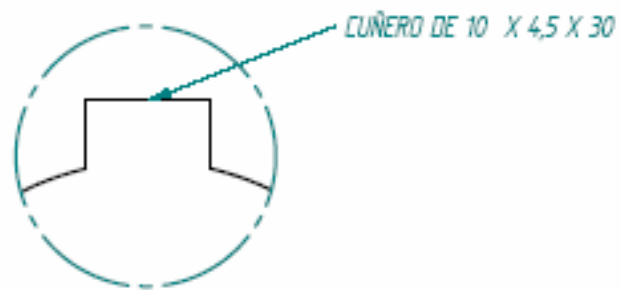
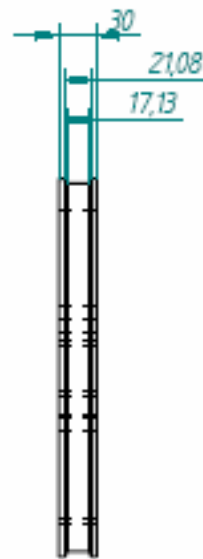
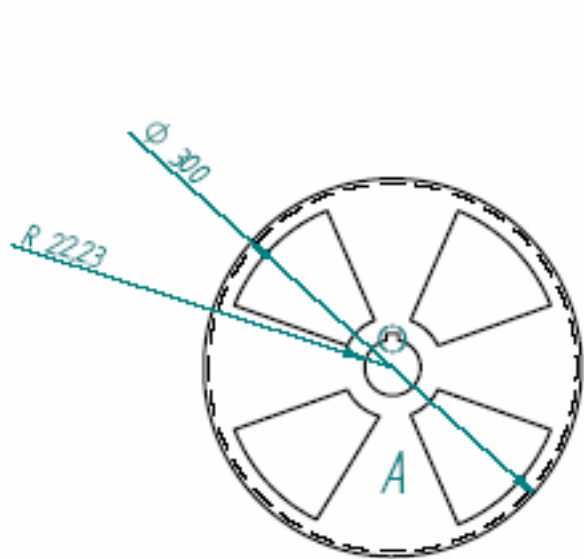
PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL
RECICLADO - PILA HOLANDESA

PIEZA: SOPORTE SNA 1209

Escala

Plano N° 6

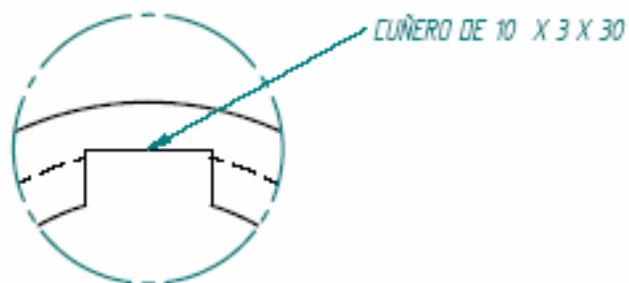
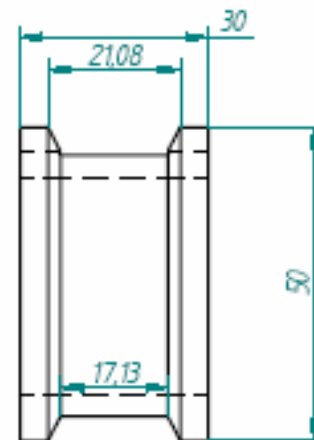
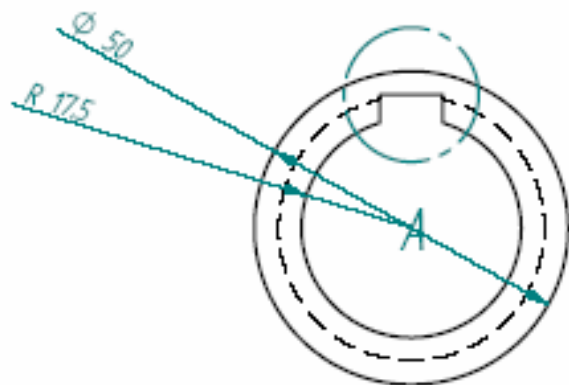
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



DETALLE A

NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

| | | |
|---|---|------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PILA HOLANDESA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | PIEZA: POLEA EJE | |
| MATERIAL: ALUMINIO | Escala 1: 1 | Plano N° 7 |

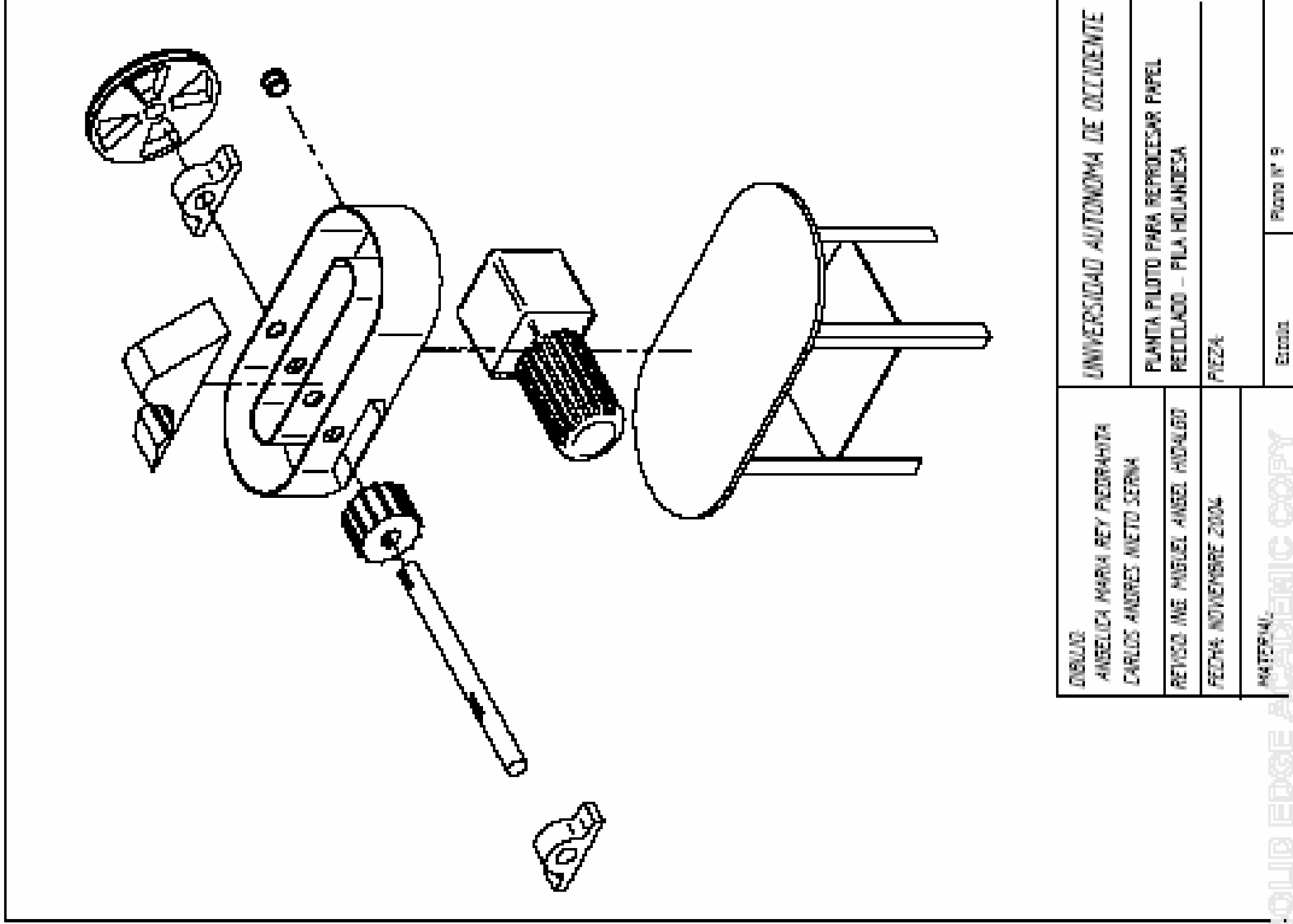


DETALLE A

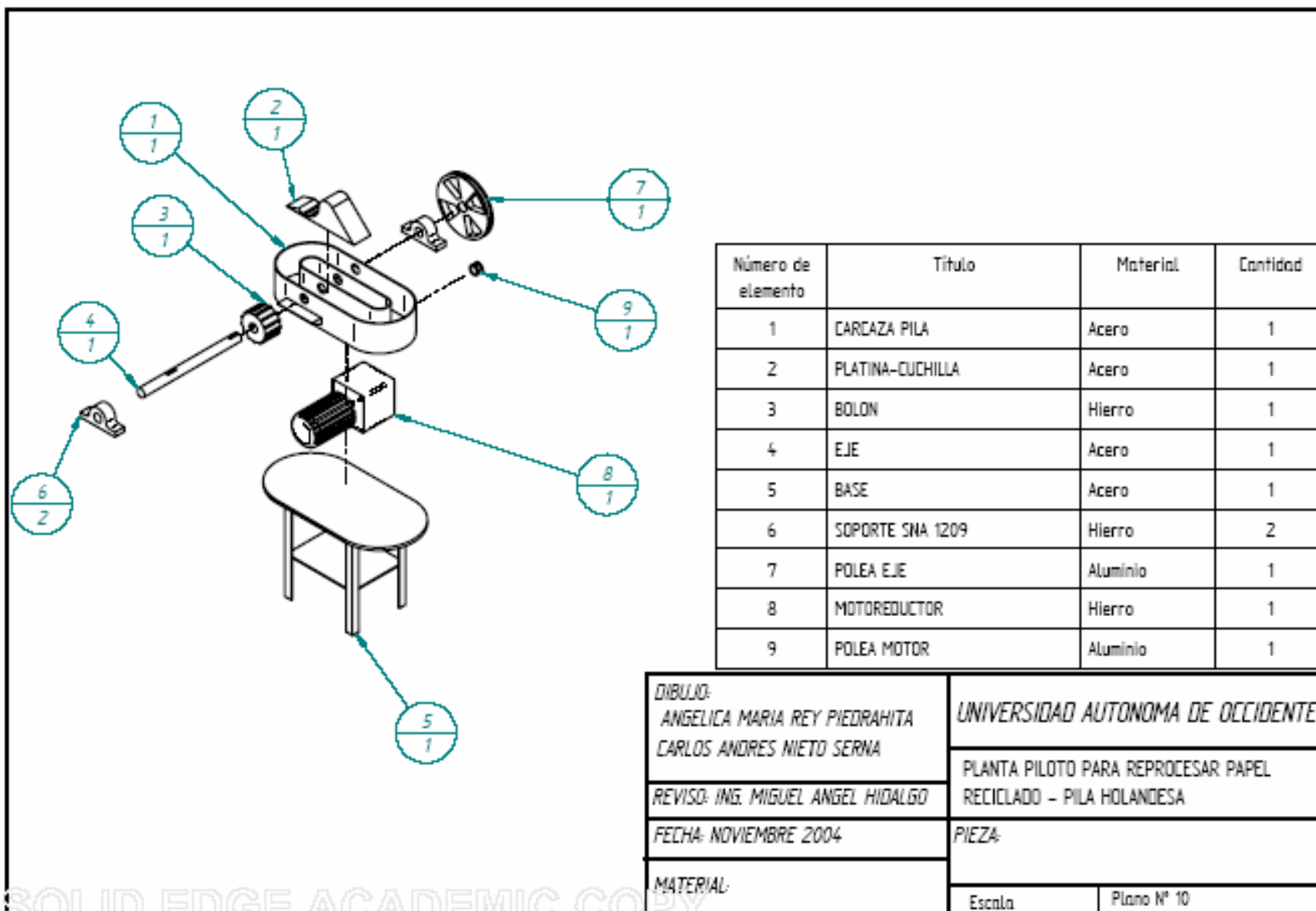
NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

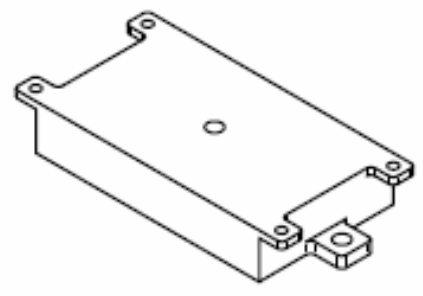
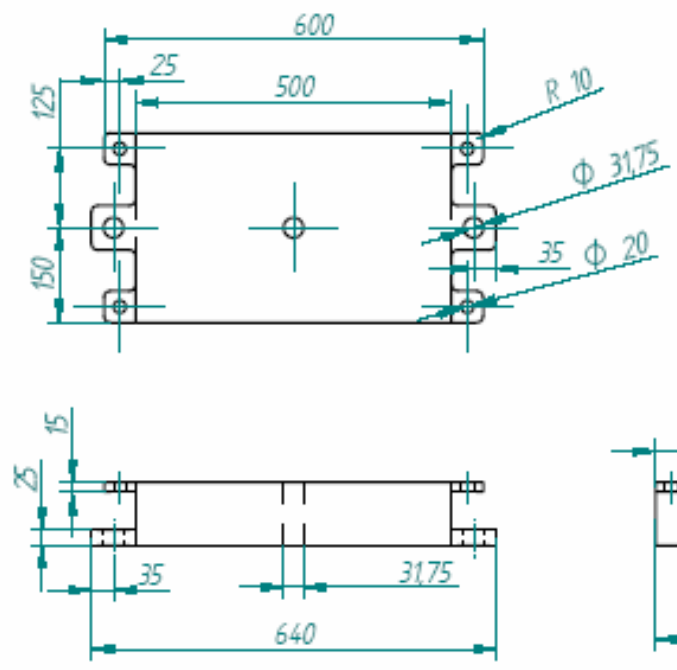
| | | | |
|---|--|---|------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PILA HOLANDESA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | | PIEZA: POLEA MOTOR | |
| MATERIAL: ALUMINIO | | Escala | Plano N° 8 |

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



| | |
|---|------------|
| UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL REDIADADO - PULA HOLANDESA | |
| PIEZA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | |
| DISEÑADOR: ANGELICA MARIA REY PEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | |
| REVISOR: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | |
| MATERIAL: CAD: AUTOMATIC COPY | |
| Escala | Plano N° 9 |

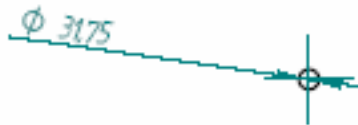
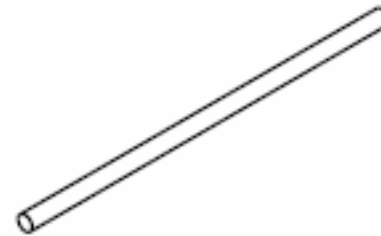




NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

| | | | |
|---|--|--|-------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PRENSA MECANICA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | | PIEZA: BASE PRENSA | |
| MATERIAL: HIERRO FUNDIDO | | Escala 1: 10 | Plano N° 11 |

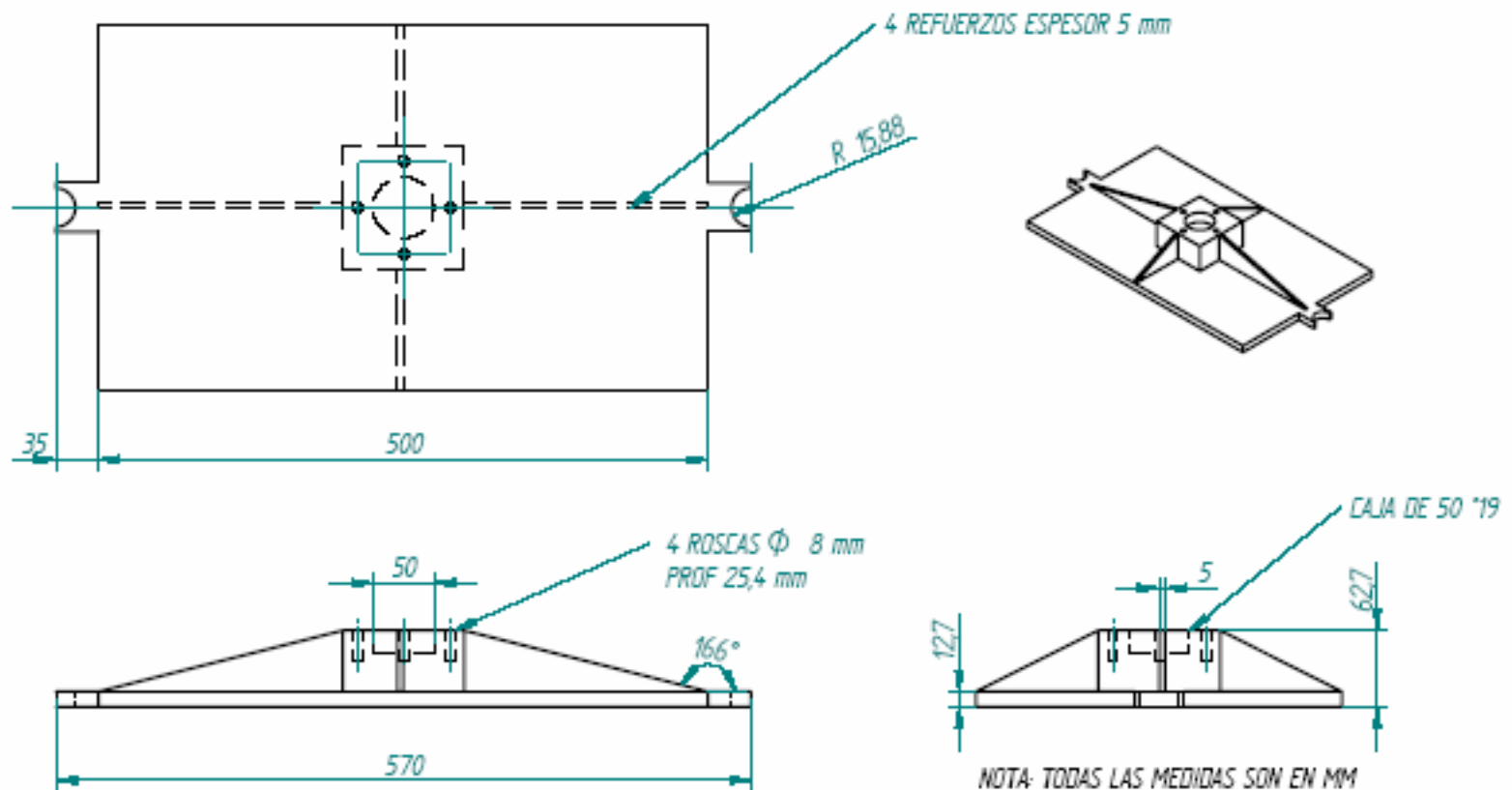
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

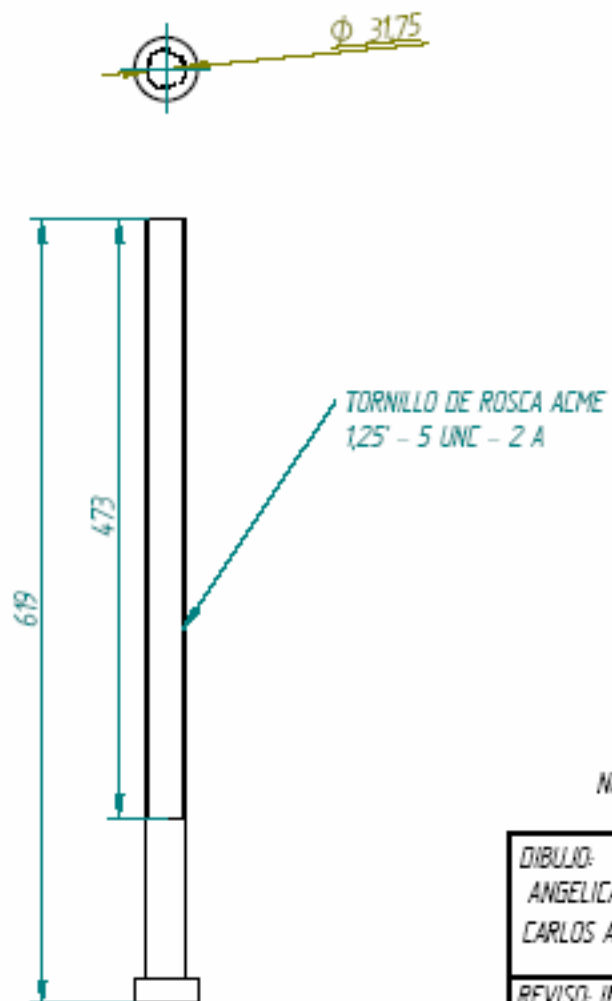
| | | | |
|---|--|--|-------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PRENSA MECANICA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | | PIEZAN COLUMNA | |
| MATERIAL: ACERO 4140 | | Escala 1: 10 | Plano N° 12 |

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



| | | |
|---|--|-------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PRENSA MECANICA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | PIEZA: PLATINA PRENSADORA | |
| MATERIAL: HIERRO | Escala 1 : 5 | Plano N° 13 |

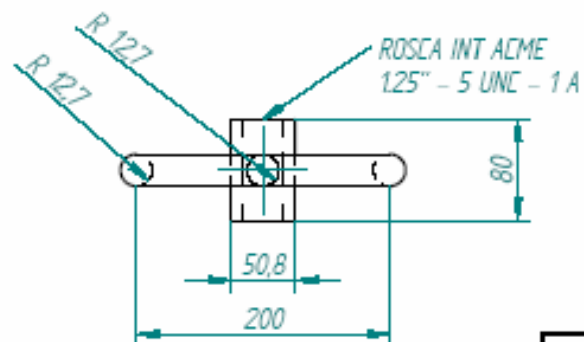
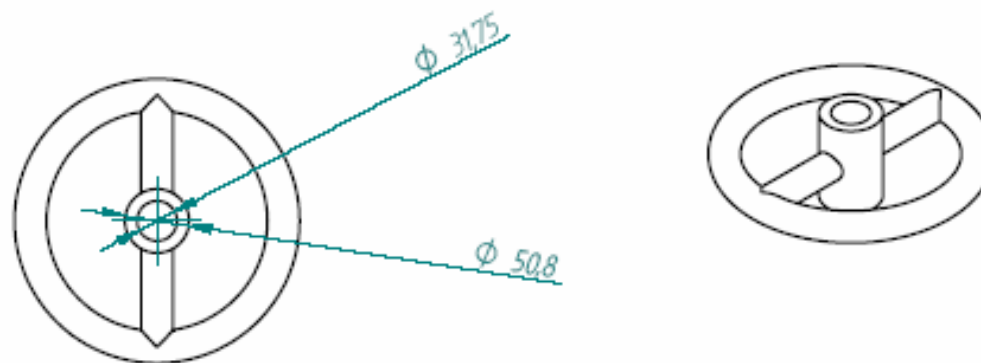
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

| | | |
|---|--|-------------|
| DIBUJÓ: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISÓ: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PRENSA MECANICA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | PIEZA: TORNILLO DE POTENCIA | |
| MATERIAL: ACERO 4140 | Escala 1: 5 | Plano N° 14 |

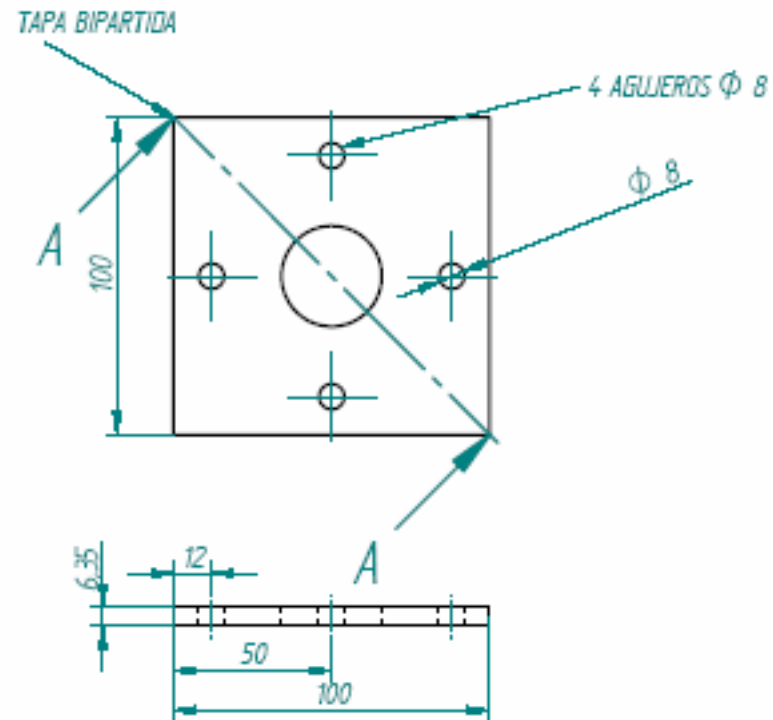
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

| | | |
|---|--|-------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PRENSA MECANICA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | PIEZA: VOLANTE DE PRENSA | |
| MATERIAL: TUBO SCH 40 | Escala 1:5 | Plano N° 15 |

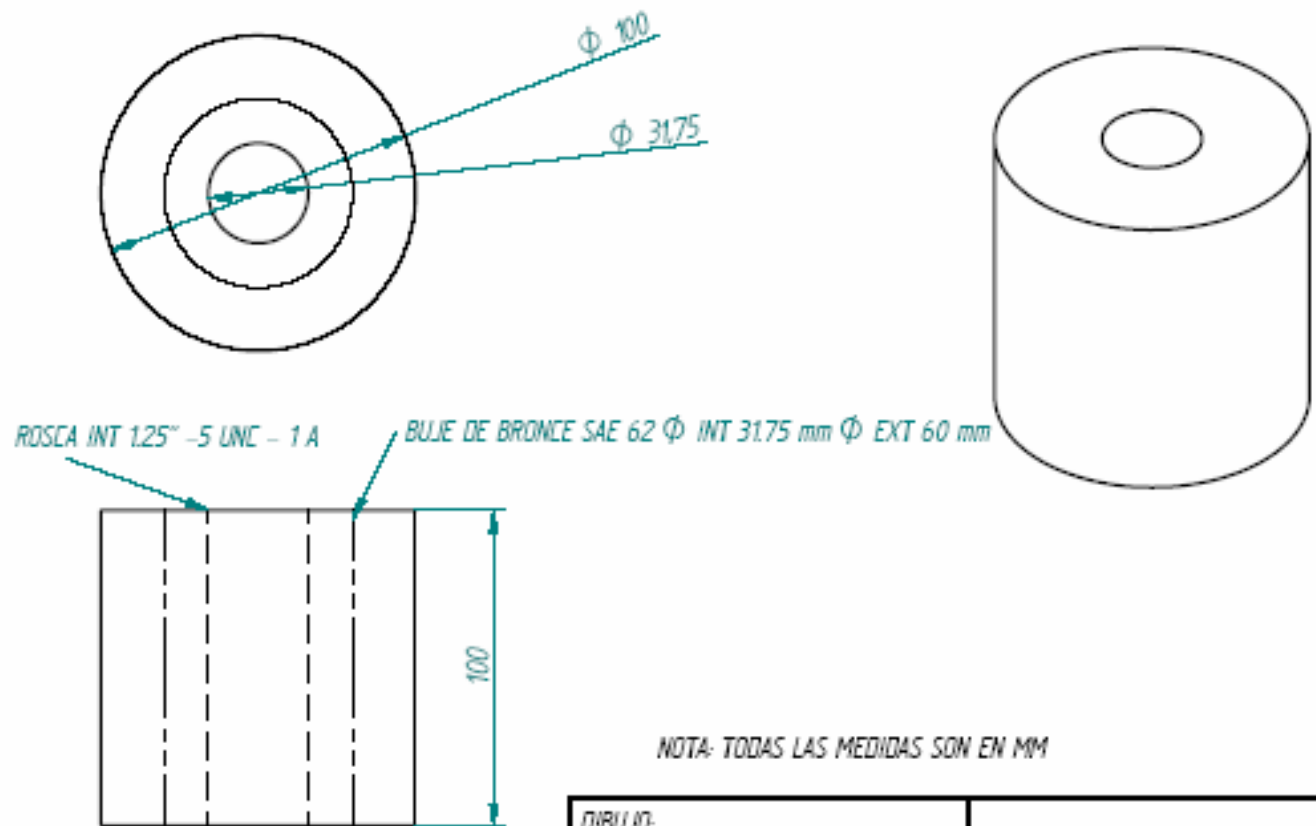
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



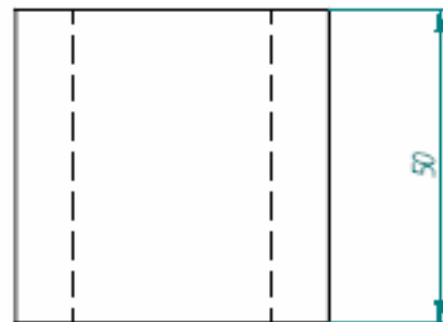
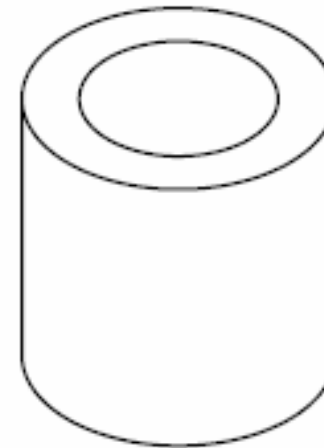
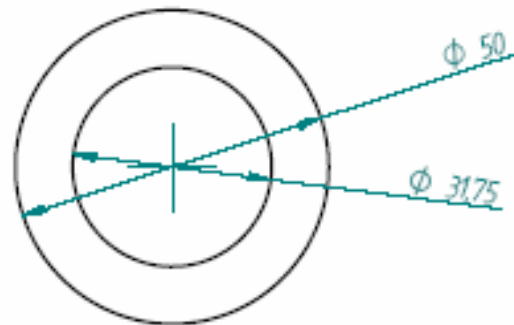
NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

| | | |
|---|--|-------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PRENSA MECANICA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | PIEZA: TAPA SEGURO TORNILLO | |
| MATERIAL: ACERO | Escala 1 : 2 | Plano N° 16 |

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



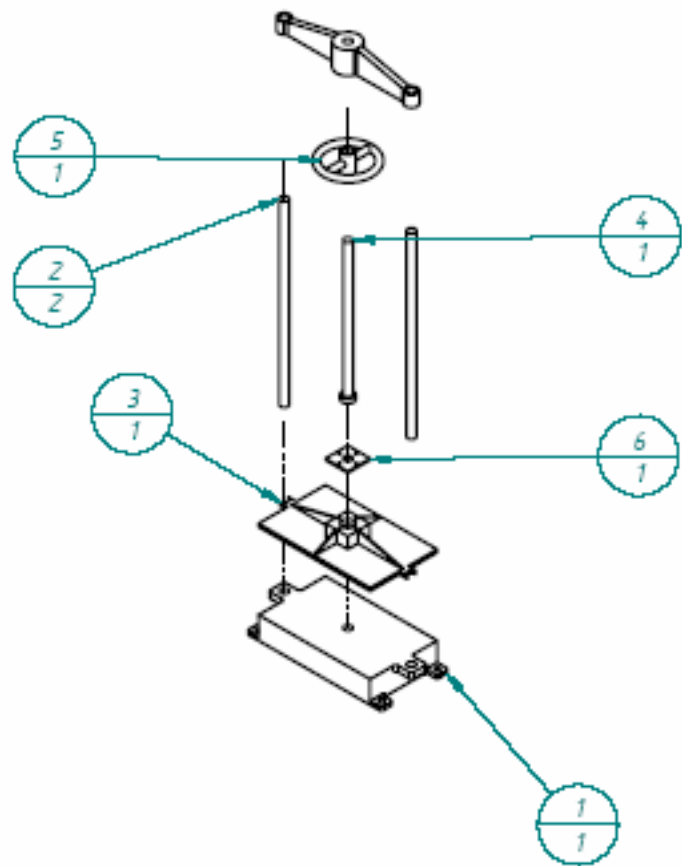
| | | |
|---|--|-------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PRENSA MECANICA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | PIEZA: BUJE TORNILLO | |
| MATERIAL: BRONCE SAE 62, ACERO | Escala 1 : 2 | Plano N° 17 |



NOTA: TODAS LAS MEDIDAS SON EN MM

| | | |
|---|--|-------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PRENSA MECANICA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | PIEZA: BUJE COLUMNAS | |
| MATERIAL: BRONCE SAE 62 | Escala 1:1 | Plano N° 18 |

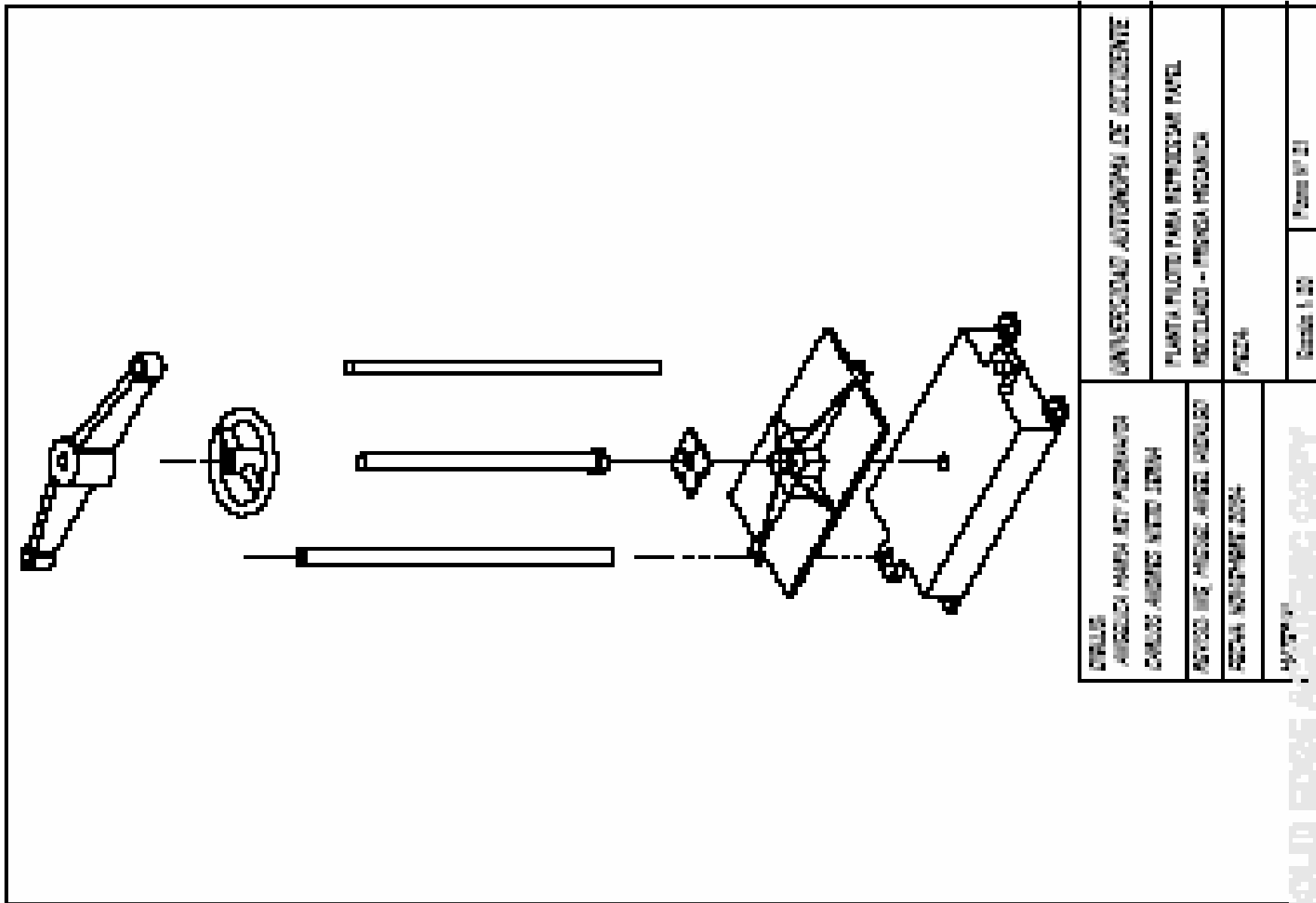
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



| Número de elemento | Título | Material | Cantidad |
|--------------------|--------------------|----------|----------|
| 1 | BASE PRENSA | Hierro | 1 |
| 2 | COLUMNA | Acero | 2 |
| 3 | PLATINA PRENSADORA | Hierro | 1 |
| 4 | TORNILLO | Acero | 1 |
| 5 | VOLANTE | Acero | 1 |
| 6 | TAPA TORNILLO | Acero | 1 |

| | | | |
|---|--|--|-------------|
| DIBUJO: ANGELICA MARIA REY PIEDRAHITA CARLOS ANDRES NIETO SERNA | | UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE | |
| REVISO: ING. MIGUEL ANGEL HIDALGO | | PLANTA PILOTO PARA REPROCESAR PAPEL RECICLADO - PRENSA MECANICA | |
| FECHA: NOVIEMBRE 2004 | | PIEZA: | |
| MATERIAL: | | Escala 1: 20 | Plano N° 20 |

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



| | | |
|---|-------------------------------|----------------|
| UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE | Escuela 1.00 | Folio 07 de 01 |
| PLANTA PILOTO PARA REPLICAR PANTÓMETRO - MÓDULO - MÓDULO MECÁNICO | | |
| FECHA: | | |
| UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE | MATERIA: MECÁNICA DE MÁQUINAS | |
| CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA | MATERIA: MECÁNICA DE MÁQUINAS | |
| PROFESOR: DR. JOSÉ ANTONIO GARCÍA | MATERIA: MECÁNICA DE MÁQUINAS | |

Tabla 7. Costos de fabricación

| PILA HOLANDESA | | | | |
|-----------------------------|----------|--------------|---------------|--------------|
| MARCAS | CANTIDAD | SISTRONIC | SEW EURODRIVE | FLENDER |
| MOTO REDUCTOR | 1 | \$ 1,280,000 | \$ 1,133,320 | \$ 1,220,000 |
| | | | | |
| CARCASA PILA | 1 | \$ 2,000,000 | | |
| PLATINA EN ACERO INOXIDABLE | 1 | \$ 2,000,000 | | |
| BOLON | 1 | \$ 270,000 | | |

Tabla 7. Costos de fabricación

PILA HOLANDESA

| MARCAS | CANTIDAD | SISTRONIC | SEW EURODRIVE | FLENDER |
|-----------------------------|----------|---------------------|---------------|--------------|
| MOTO REDUCTOR | 1 | \$ 1.280.000 | \$ 1.133.320 | \$ 1.220.000 |
| | | | | |
| CARCASA PILA | 1 | \$ 2.000.000 | | |
| PLATINA EN ACERO INOXIDABLE | 1 | \$ 2.000.000 | | |
| BOLON | 1 | \$ 270.000 | | |
| EJE PILA HOLANDESA | 1 | \$ 115.000 | | |
| BASE PILA HOLANDESA | 1 | \$ 650.000 | | |
| SOPORTE SNA 1209 | 2 | \$ 220.000 | | |
| POLEA EJE | 1 | \$ 100.000 | | |
| POLEA MOTOR | 1 | \$ 50.000 | | |
| ARMADO MAQUINA | | \$ 500.000 | | |
| | | | | |
| TOTAL | | \$ 5.905.000 | | |
| IVA | | \$ 944.800 | | |
| | | \$ 6.849.800 | | |

| PRENSA TROQUELADORA | | |
|----------------------|---|---------------------|
| | | |
| BASE PRENSA | 1 | \$ 2.000.000 |
| COLUMNA | 2 | \$ 160.000 |
| PLATINA PRENSADO | 1 | \$ 1.000.000 |
| TORNILLO POTENCIA | 1 | \$ 400.000 |
| VOLANTE PRENSA | 1 | \$ 200.000 |
| TAPA SEGURO TORNILLO | 1 | \$ 80.000 |
| BLUE TORNILLO | 1 | \$ 300.000 |
| BLUE COLUMNAS | 2 | \$ 200.000 |
| PLATINA PRENSA | 2 | \$ 140.000 |
| ARMADO MAQUINA | | \$ 400.000 |
| | | |
| TOTAL | | \$ 4.680.000 |
| IVA | | \$ 780.800 |
| | | \$ 5.660.800 |

| | |
|-------------------|----------------------|
| PILA HOLANDESA | \$ 6.849.800 |
| PRENSA MECANICA | \$ 5.660.800 |
| MOTO REDUCTOR | \$ 1.280.000 |
| GRAN TOTAL | \$ 13.790.600 |



**SOLUCIONES INDUSTRIALES
COLOMBIA**
N.L. 817107003-7

COTIZACION No. 01

CLIENTE: **Inversiones Aga**
AGENCIA:
FUNCION: **Caloto Cauca**

UBICACION: **Pto tejada**
MEDIANTE: **Ing. Carlos Andres Nieto**

TERMINOS Y CONDICIONES DE COTIZACIONES Y DE SERVICIOS
CONDICION DE ENTREGA: **A Convenir**
CONDICION DE PAGO: **A Negociar**

| ITEM | ARTICULOS Y/O SERVICIOS | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|------|----------------------------|--------|----------|----------------|-------------|
| 1 | Base prensa | | 1 | 2'000.000 | 2'000.000 |
| 2 | Columna | | 2 | 80.000 | 160.000 |
| 3 | platina Prensado | | 1 | 1'000.000 | 1'000.000 |
| 4 | Tornillo Potencia | | 1 | 400.000 | 400.000 |
| 5 | Volante prensa | | 1 | 200.000 | 200.000 |
| 6 | Tapa seguro tornillo | | 1 | 80.000 | 80.000 |
| 7 | Buje tornillo | | 1 | 300.000 | 300.000 |
| 8 | Buje columnas | | 2 | 100.000 | 200.000 |
| 9 | platina Prensa | | 2 | 140.000 | 280.000 |
| | Armado de Prensa Mecanica. | | | 400.000 | 400.000 |

LA SUMA DE EL VALOR
Cinco millones Veinte mil pesos

TOTAL \$ 5'020.000

CONDICION DE PAGO: **I.V.A 16%**

FECHA:



**SOLUCIONES INDUSTRIALES
COLOMBIA**
Nº. 817007183-7

COTIZACION No. 02

SEÑOR: **Inversiones Aga**
ATENCIÓN:
DIRECCIÓN: **Caloto cauca**

CIUDAD: **Pto tejada** | DIA: **04** | MES: **11** | AÑO: **04**
SU REPRESENTANTE: **Ing. Carlos Andres Nieto**

FORMA DE ENTREGA DE BIENES Y/O SERVICIOS: **FORMA DE ENTREGA DE BIENES Y/O SERVICIOS**

FORMA DE ENTREGA: **A Convenir**
FORMA DE PAGO: **A Negociar**

| ITEM | ARTICULO O YA SERVICIO | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|------|--------------------------|--------|----------|----------------|-------------|
| 1 | carcaza pila | | 1 | 2'000.000 | 2'000.000 |
| 2 | platina Acero inoxidable | | 1 | 2'000.000 | 2'000.000 |
| 3 | Bolon | | 1 | 270.000 | 270.000 |
| 4 | Eje pila Holandesa | | 1 | 115.000 | 115.000 |
| 5 | Base pila Holandesa | | 1 | 650.000 | 650.000 |
| 6 | Soporte SNA 1209 | | 2 | 110.000 | 220.000 |
| 7 | polea eje | | 1 | 100.000 | 100.000 |
| 9 | Polea Motor | | 1 | 50.000 | 50.000 |
| | Armado Máquina | | | | 500.000 |

LA SUMA DE ESTOS VALORES ES DE CINCO MIL NOVECIENTOS CINCO MIL PESOS TOTAL \$ 5'905.000

CONDICIONES: **I.V.A 16%** FIRMA: *[Signature]*

11/02/04

A. G. P. REPRESENTACIONES LTDA
NIT: 900.204.652-0
FLENDER CALI

Cali, Noviembre 2 del 2004

Señores:
INVERSIONES AGA
Atcn. Sr. CESAR ANDRES NIETO
Depa. de Proyectos
Cali.

Atendiendo a su amable solicitud de cotización presentamos nuestra mejor oferta e
moneda local de fabricación Alemán de marca FLENDER como sigue:

- (1) Motorreductor a 180° compuesto por motor de 2 HP a 1.750 rpm 3 x 220V
440V protección IP55 (TEFC) acoplado a caja reductora con relación 5:1
(1.750/350 rpm), torque nominal de 40 N-m, torque máximo de 220 N-m,
posición de montaje horizontal, Diámetro de eje de salida de 35 mm,
RCCF 70-K4-A90L-4

VALOR UNITARIO \$ 1.220.000,00

CONDICIONES COMERCIALES

| | |
|--------------------|------------------|
| TIEMPO DE ENTREGA: | 4 días |
| IMPUESTOS: | 16% |
| FORMA DE PAGO: | cheque a 30 días |
| DESCUENTO: | incluido. |

Cordialmente

LUIS ENRIQUE SUAREZ
Teléfono 3152331
Cels director 4121712 A (315) 5387606
Cali - Valle



SISTEMAS ELECTRONICOS LT.
Avenida 4 Norte # 33 AN 16
Tels. 57-2 - 6671660 - 6615503
Fax. 57-2 - 6604407
Cali - Colombia

Cali, noviembre de 2004

COTIZACION # 0207-04

INVERSIONES AGA
ING CARLOS ANDRÉS NIETO
PAX 0928 259314

En atención a su amable solicitud, nos permitimos cotizarle el siguiente equipo:

Características del motorreductor:

500% de Sobrecarga momentánea
Lubricado con grasa libre de mantenimiento por 20.000 de uso
Garantía **Dois años** sin límites horas uso
Eficiencia efectiva 95 %
Tamaño un 40% menor a los convencionales

MOTORREDUCTOR SM CYCLO SUMITOMO EJE A 180

| Item | Modelo | Pot. HP | Rel. | Salida RPM | Torque Nominal | Torque Maximo | Valor Unitario \$ |
|------|-----------------|------------|------|---------------|-------------------|------------------|----------------------|
| 1 | CNHM-2-410HGC-6 | 2 | 6:1 | 292 | 400 | 844 | \$1,280,000 |

CONDICIONES GENERALES

IVA Agregar el veinte 16%
Tiempo de Entrega 2 días, salvo ventas
Forma de pago Contado
Garantía Motorreductor : 2 años
Validez de la oferta 15 días

Esperamos que esta oferta sea de su agrado, gustosamente atenderemos cualquier inquietud al respecto.

Atentamente,

LUIS EDO VALLECILLA

SEW-EURODRIVE DE COLOMBIA LTDA. NIT 838.060.887-8
 Urbanización Industrial Los Urapases Calle 22 No. 132-00 Bogotá 8 Miraflores B
 Teléfono: 547 50 00 - Fax: 547 50 44 - Bogotá, D.C., Colombia
 e-mail: sewcol@andinet.com



Para : INVERSIONES AGA
 Atencion : ING. CARLOS ANDRES
 Cargo : PROYECTOS
 Nit : 8289314
 Ciudad : CALOTO - CAUCA

TELEFONO 8289703/8908

Referencia :
 Su :
 Numero : SOC 849/2004
 Hoja 1 : 1
 Fecha : 04-Nov-04

Ing. Ventas : John Carlos Idrobo Londoño
 Celular : 318 3404778
 TEL : 339 57 85
 TELFAX : 339 59 11

| Item | Cant. | Descripción | Vr. Unitario | Vr. total |
|------|-------|---|--------------|-------------|
| | | MOTORREDUCTOR MARCA SEW HELICOIDAL 180° CON FLANCHE TIPO: RF27DT160L4 Especificaciones Técnicas: * POTENCIA (kw) 1.5 (2 HP) * VELOCIDAD (rpm) 360 * REDUCCIÓN (i) 5.6 * FUERZAS RADIALES ADMISIBLES (N) 1758 * FACTOR DE SERVICIO 2.1 * TORQUE MÁXIMO ADMISIBLE (Nm) 80 * TORQUE A MÁXIMA VELOCIDAD (Nm) 47 * POSICIÓN DE MONTAJE DEFINIR * EJE DE SALIDA (D X L) mm: 25X90 * PESO (kg) 19 * DIÁMETRO DE FLANCHE mm: 120 Ó 140 Ó 160 DEFINIR Motor SEW (TEFC) de 1700 rpm, Aislamiento Clase: F Voltaje: 220/440 V AC, 60 Hz, Protección: IP55, Factor de Servicio: 1.2 *OBS: | \$977,000 | \$977,000 |
| | | | TOTAL NETO: | \$977,000 |
| | | | IVA 18%: | \$186,320 |
| | | | TOTAL: | \$1,133,320 |

| | | |
|-----------------------|---------|--|
| PLAZO DE ENTREGA: | 3 días | SEW EURODRIVE COLOMBIA LTDA. Ing. CARLOS E. GÓMEZ T. Gerente de Ventas |
| CONDICIONES DE PAGO: | CONTADO | |
| VALIDEZ DE LA OFERTA: | 30 DÍAS | |

