

INDICE.

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
A. JUSTIFICACION.....	3
B. OBJETIVOS.....	4
C. HIPOTESIS.....	4
II. ANTECEDENTES.....	5
III. REVISION DE LITERATURA.....	7
A. IMPORTANCIA DE LOS PLASTICOS EN LA AGRICULTURA.....	7
B. RECICLADO DE LOS RECIDUOS PLASTICOS AGRICOLAS.....	8
C. EFECTOS DEL ACOLCHADO EN LA AGRICULTURA.....	9
1. Control de malezas.....	9
2. Humedad del suelo.....	9
3. Temperatura del suelo.....	10
4. Fertilización.....	10
5. Textura y estructura del suelo.....	11
6. Actividad microbiana.....	11
D. VENTAJAS DEL ACOLCHADO PLASTICO.....	12
E. DESVENTAJAS DEL ACOLCHADO PLASTICO.....	12
F. CARACTERISTICAS DE LOS PLASTICOS.....	13
1. Duración de los plásticos.....	13
2. Propiedades de los plásticos.....	13
G. CLASES DE PLASTICOS.....	15

H. COLOCACION DE LOS PLASTICOS.....	16
1. Colocación manual.....	16
2. Colocación mecánica.....	17
I. PERFORACION DEL PLASTICO.....	19
J. TIPOS DE MAQUINAS PARA ACOLCHADO.....	20
1. Acolchadora Blue Line (BL3000).....	20
2. Extendedora de película plástica (Plastic-Stop).....	21
3. Acolchadora-trasplantadora (Plastic-Stop-PS+Wolf).....	22
4. Máquina acolchadora.....	23
K. PRINCIPIOS DEL DISEÑO.....	24
L. PROPIEDADES FISICAS DE LOS MATERIALES.....	25
M. CONSIDERACIONES PARA LLEVAR A CABO UN DISEÑO.....	25
1. Fases de un diseño.....	25
2. Consideraciones para un diseño.....	26
3. Normas y códigos de diseño.....	27
4. Factor de seguridad.....	28
5. Evaluación de diseño.....	28
IV. MATERIALES Y METODOS.....	30
A. MATERIALES.....	32
B. METODOS.....	34
1. Estructura.....	34
2. Chumaceras.....	34
3. Ejes.....	34
4. Transmisión de movimiento.....	35
5. Freno.....	35
6. Base del perforador.....	36
7. Sistema perforador.....	36
8. Control de velocidad del perforador.....	37
C. DISEÑO DE MECANISMOS.....	38
1. Análisis para el diseño.....	38
2. Diseño del reductor de velocidad.....	40

3. Diseño de cadena.....	45
4. Diseño de ejes.....	47
5. Diseño de cuñas.....	54
6. Diseño del cople.....	55
D. COSTOS.....	55
E. FUNCIONAMIENTO.....	57
V. RESULTADOS.....	58
VI. DISCUSION.....	60
VII. CONCLUSIONES.....	61
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	63
IX. APENDICE.....	65
APENDICE A.....	66
APENDICE B.....	79
APENDICE C.....	80
APENDICE D.....	81
APENDICE E.....	82
APENDICE F.....	83
APENDICE G.....	84
APENDICE H.....	85
APENDICE I.....	86

INDICE DE CUADROS.

CUADRO 3.1 CALIBRES DE LOS ACOLCHADOS PLASTICOS.....	14
CUADRO 3.2 SUPERFICIES, PESOS Y DENSIDADES DE LAS LAMINAS FLEXIBLES.....	15
CUADRO 3.3 DISTANCIA ENTRE SURCOS Y PLANTAS DE LOS CULTIVOS.....	19
CUADRO 4.1 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION.....	32
CUADRO 4.2 CARACTERISTICAS DIMENSIONADAS DEL SINFÍN-GUSANO.....	42
CUADRO 4.3 RESULTANTE DE CORTES Y MOMENTOS DE LOS PLANOS.....	52
CUADRO 4.4 COSTO DEL MATERIAL Y COSTO TOTAL.....	56
CUADRO 5.1 CALIBRACION DEL PERFORADOR.....	59
CUADRO 7.1 RESULTADOS OBTENIDOS DEL DISEÑO (METODO DEL QFD).....	61

INDICE DE FIGURAS.

FIGURA 3.1. COLOCACION MECANIZADA DE PELICULA PLASTICA.....	18
FIGURA 3.2. ACOLCHADORA BLUE LINE (BL3000).....	21
FIGURA 3.3. EXTENDEDORA DE PELICULA PLASTICA (PLASTIC-STOP).....	22
FIGURA 3.4. ACOLCHADORA-TRASPLANTADORA (PLASTIC-STOP-PS+WOLF).....	23
FIGURA 3.5. FASES DEL DISEÑO.....	26
FIGURA 3.6. PROCESOS DE DISEÑO DE PRODUCTOS.....	29
FIGURA 4.1. DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD DEL IMPLEMENTO.....	32
FIGURA 4.2 SISTEMA DE CALIBRACION DEL PERFORADOR.....	37
FIGURA 4.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DEL MECANSIMO PERFORADOR.....	48
FIGURA 4.4 ANALISIS DE FUERZAS DE LA RUEDA DENTADA GRANDE.....	49
FIGURA 4.5 DIAGRAMA DE FUERZAS EN EL PUNTO E.....	50
FIGURA 4.6 DIAGRAMAS DE CORTES Y MOMENTOS FLECTORES.....	51
FIGURA 4.7 DIAGRAMA DE TORQUE EN EL EJE.....	52

I. INTRODUCCION.

El acolchado es una técnica empleada para proteger los cultivos y el suelo, de la acción de los agentes atmosféricos, los cuales entre otros efectos, reducen la calidad de los frutos, resecan el suelo, enfrían la tierra y arrastran los fertilizantes, incrementando los costos.

Para enfrentar estos problemas, la agricultura dispone del plástico denominado polietileno para acolchado, con el cual se cubren las camas como capa protectora. Esta capa actúa como barrera de separación entre el suelo y el ambiente para amortiguar los efectos negativos. El uso de polietileno como cobertura de las camas ha dado excelentes resultados y se incrementa de manera sustantiva en todos los países, aun en los más tradicionales (i-a).

Los plásticos presentan beneficios a los cultivos como: retención de humedad del suelo, impidiendo la evaporación del agua; mantienen una adecuada temperatura del suelo según el tipo de plástico; presentan una estructura ideal para el desarrollo de las raíces de las plantas; favorecen la nitrificación y la absorción del nitrógeno para la planta; impiden el crecimiento de malas hierbas que se originan debajo del plástico, y por último evitan que los frutos estén en contacto directo con la tierra, dando una calidad y presentación tal que los hace ser más comerciales (Robledo y Martín, 1988).

A diferencia de lo que generalmente se cree, el costo de los polietilenos para acolchado agrícola es muy bajo, si se tiene en cuenta que la optimización de este recurso está en función de los espesores a usar.

También es importante calcular la relación costo-beneficio para tomar esta decisión. En este sentido, el beneficio puede justificar la inversión en el acolchado dependiendo de varios factores: costo y disponibilidad del agua en el sector, humedad que puede incrementar el desarrollo de malezas, presencia de áfidos en la zona, etc. (i-a).

Según reportes a nivel mundial se está empleando la tecnología del plástico para acolchado, de tal forma que en Asia se tienen 3,080,000 has de superficie bajo acolchado, en el Mediterráneo 120,000 has, Europa del Norte 15,000 has, Norte América 125,000 has y América del Sur 14,000 has dando un total de 3,354,000 has en productos de hortalizas. Para México más de 35,000 has de acolchados, que se reparten principalmente en los estados del noroeste y la costa del Pacífico. En la región sur y centro de Coahuila según datos de la SAGAR el uso del acolchado se da principalmente en Paila con 2,600 has en melón, y otros lugares de menor cantidad como Arteaga de 35 a 40 has y Cuatrociénegas de 20 a 25 has

En México, la agricultura protegida ha tenido un gran impacto sobre los sistemas de producción, ya que ha transformado por completo los patrones de producción y control de calidad. En la actualidad se calcula que por lo menos el 22 % de los tomates se cultiva con el uso de acolchados. Entre otros productos que se cultivan bajo acolchado tenemos: berenjenas 33 %, calabacitas 24 %, espárragos 16 %, melones 24 %, pepinos 33 %, pimientos 28 % y sandías 14 % (Santiago y Randolph, 1996).

En la actualidad es de gran importancia el uso del acolchado por lo que es considerado el futuro de muchos productores que podrán exportar sus productos al extranjero dejando así a México entre uno de los mejores exportadores hortícolas que se obtienen bajo este sistema (Peña, 1996).

Actualmente existe una gran diversidad de máquinas que realizan el acolchado del suelo, desde hacer la cama hasta realizar la siembra o trasplante. Las máquinas están diseñadas para hacer cada una de las funciones por separado o combinando una con otra. Por ejemplo hay una máquina integradora que con una sola pasada coloca la cintilla de riego, el plástico para el acolchado, el abono localizado, y en algunos casos, hasta la siembra o plantación (Papaseit, 1997).

Analizando la importancia agronómica se tiene la necesidad de obtener un implemento más, para seguir sosteniendo una agricultura bajo película plástica, el cual tendrá las características necesarias para perforar el plástico.

Al tener un estudio con productores de la región que utilizan el sistema de acolchado, se propuso una máquina que tenga las siguientes características: bajo costo, portátil, facilidad de operación, calibración de distanciamiento de los orificios a perforar, poco mantenimiento, peso considerable, que quepa en pick up, buen rendimiento de trabajo y perforación adecuada.

Emplear todos los conocimientos necesarios de diseño para obtener un implemento productivo en el campo agrícola, el cual tendrá las ventajas en: ahorro de combustible, facilidad de transporte, una sola persona se encargará de operarla, se trabajará fuera del terreno, y que sea económico.

El tener un prototipo es un principio tan importante para dar paso a una agricultura con tecnología avanzada, logrando incrementar el acolchado de los cultivos y obtener una producción de alta calidad y rendimiento.

Los cultivos con acolchado son cada vez más importantes y más caros para el agricultor de bajos recursos económicos, y al tener este mecanismo perforador de plástico ayuda al productor a disminuir su inversión en la aplicación de este método de película plástica, dando así, un incremento favorable al obtener una mejor cosecha y mayor rendimiento en la producción.

A. JUSTIFICACION.

Debido al incremento en el uso de acolchado en México y las ventajas que este sistema tiene, se vio la necesidad de diseñar un implemento perforador de plástico para aquellos productores que tienen cultivos no mayores de cinco hectáreas y de bajos recursos económicos donde este implemento propuesto resulte atractivo y fácil de operar, dando las comodidades adecuadas para su uso.

B. OBJETIVO.

Diseñar un mecanismo perforador de plástico apto para eficientar la perforación del plástico utilizado en la aplicación de acolchado para la agricultura.

C. HIPOTESIS.

El diseño propuesto debe perforar el plástico y tener calibración para diferentes distancias entre orificios y tener repuestos de perforadores de diámetros diferentes, ya que la perforación del plástico dependerá del tipo de cultivo a establecer.

II. ANTECEDENTES.

Hay diversas formas para realizar la perforación del plástico, con el cual se logra la plantación o siembra de los cultivos, mediante el acolchado de los suelos, y, así de esta forma se logra el desarrollo y crecimiento del mismo.

Una de las formas más usuales, es en comprar el plástico ya perforado con el diámetro y distancia de los orificios ya recomendados para tal cultivo. El perforado lo hace la propia empresa donde se fabrica el plástico, con mecanismos más sofisticados. La desventaja para el agricultor está en el costo del plástico ya que aumenta un 20% por la perforación del mismo.

Existe otra manera de hacer los orificios, el cual se hace manualmente mediante un corte en forma de cruz, y esto se hace con una navaja. Las partes sobrantes de la película se doblan hacia adentro y se tapan con tierra para fijarlas. Esta técnica no es muy recomendable ya que los extremos del corte de la película se debilitan y pueden rasgarse (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Las perforaciones por medio de los llamados “sacabocados” donde se hace con un pedazo de tubo de tres a cuatro pulgadas de diámetro y de 15 a 20 cm de largo. Se suelda a un tubo más delgado; el largo de este último lo determinará la persona que hará los orificios (50 a 70 cm son suficientes), la parte ancha del tubo se calienta en una fogata y enseguida el tubo caliente se pone sobre el plástico, éste se derrite con el cual se logra un orificio perfecto. Con el sistema en cuestión se tiene la ventaja de formar un borde más grueso en el orificio; éste protege el plástico contra desgarraduras. Para evitar calentar el tubo continuamente, se le coloca una lámina cerca del extremo inferior del sacabocados. La lámina se utiliza para sostener las brazas dentro del tubo. De esta manera se hacen varios orificios en menos tiempo sin tener que calentar muy seguido (CIQA, 1997).

Otro tipo de perforación de plástico, consta de una boquilla de sección circular, con el cual se logra la flama y este va conectado en el interior del tubo de acero de 10 cm de diámetro y 30 cm de alto que se inserta en un tubo (acero, cobre, aluminio, etc.) donde en la parte de arriba se encuentra un tornillo calibrador de flama, después del tubo se conecta a un dispositivo de gas butano por medio de una manguera, para facilitar el paso del gas hasta la boquilla; en el depósito se encuentra una correa para que sea cargado por la persona que vaya a hacer los orificios del plástico. Con el peso del cilindro y del material utilizado es posible la perforación de la película. Las perforaciones efectuadas por el calor ofrecen gran resistencia al desgarre, (Ibarra y Rodríguez, 1991).

La acolchadora–Trasplantadora (Plastic-Stop-PS+Wolf), así como coloca el plástico y trasplanta a la vez, hace la perforación de la película después de la colocación del plástico por medio de un distribuidor adaptado a la máquina, el cual tiene vasos perforadores rodantes con un sistema de cambio de engranajes que permite regular la distancia entre orificios de la hilera. Esta forma de perforar la película es más práctico, porque la máquina realiza al mismo tiempo tres funciones, y entonces el trabajo es más rápido y menos tiempo evitando así más pasos de maquinaria dentro del terreno (i-b).

III. REVISION DE LITERATURA.

A. IMPORTANCIA DE LOS PLASTICOS EN LA AGRICULTURA.

El acolchado es una técnica que consiste en cubrir el suelo con diversos materiales orgánicos o inorgánicos a fin de reducir la evaporación del agua presente en el suelo, proteger a éste del impacto de lluvia o el viento, evitar en algunos tipos de plantas como diversos cultivos hortícolas que el fruto no permanezca en contacto directo con el suelo y su humedad, y en otros casos proteger a los cultivos de las heladas.

Al cubrir el suelo con plástico, en el interior de él como en la atmósfera, sufre una serie de alteraciones, principalmente en cuanto a temperatura y humedad, lo que en la mayoría de los casos favorece la calidad del cultivo que crece bajo esta condición, y puede llegar a incrementar la eficiencia en la utilización del agua y los nutrientes (PRONAPA, 1988).

El uso de cubiertas plásticas para acolchado de suelos en hortalizas se ha incrementado considerablemente en los últimos años en México, debido al uso de las cubiertas plásticas que ocasionan una precocidad al cultivo, incrementa los rendimientos, mejora la calidad de la cosecha, y mejora la eficiencia del uso del agua. Debido a que los acolchados plásticos reducen la incidencia de plagas y enfermedades, eliminan en gran proporción la presencia de malezas (AMIA, 1997).

Los materiales plásticos han irrumpido en el mundo agrícola de una forma impetuosa por su gran utilidad en la producción hortoflorícola ante la cual han abierto un amplio espectro de aplicaciones especialmente las orientadas a la conducción controlada de cultivos intensivos. El uso de plásticos como cubiertas de invernaderos y túneles para la producción forzada y semi-forzada ha permitido entre otros beneficios el incremento de los rendimientos, la introducción de especies donde las condiciones ambientales no lo permiten, y obtener cosechas fuera de las épocas tradicionales (AMIA, 1994).

B. RECICLADO DE LOS RESIDUOS PLASTICOS AGRICOLAS.

En la sociedad actual, está creciendo de manera exponencial la producción y el consumo de los materiales plásticos por sus múltiples usos. Uno de los sectores en los que ha supuesto un importante elemento de evolución y progreso, es la agricultura, donde se modernizan las técnicas, colaborando a un mejor aprovechamiento y minimizando el ciclo de producción de los cultivos.

Un 70 % aproximadamente de los residuos plásticos agrícolas que se generan en España se producen en Andalucía. De ellos el 25 % es material de acolchado y túneles de cultivo, utilizado para el cultivo forzado de productos como la fresa, espárrago, algodón y tomate, y el 75 % restante corresponde a material de desecho de invernadero de diferentes productos hortofrutícolas.

La vida media del plástico utilizado en agricultura es relativamente corta. Después de su uso, el agricultor desmonta el filme y lo abandona en los límites de las parcelas donde no ha existido otra alternativa que su vertido o incineración de forma incontrolada. Esto supone un grave problema medioambiental, que origina un deterioro progresivo y acumulativo en el entorno, al margen del “no aprovechamiento” de un producto con valor económico y un mercado potencial.

Los principales procesos de transformación a los que se aplican es la granza, que es el producto final del reciclado mecánico, son obtenidos en las plantas de EGMASA (Empresa de Gestión Medioambiental, S. A.), por medio de métodos como la extrusión continua, la inyección y el soplado.

Por mencionar uno de ellos, el moldeo por inyección, la granza de material plástico se introduce en una tolva que alimenta a un cilindro caliente, posteriormente se aplica calor y presión hasta que el material reblandece lo suficiente como para que fluya, en seguida se usa un pistón o husillo que inyecta el fundido bajo presión en un molde metálico, y por último se mantiene el molde cerrado hasta que el material solidifica (termoplástico en molde frío; reticulación del termoestable en molde caliente). Se abre entonces el molde y se extrae la pieza final (i-c).

C. EFECTOS DEL ACOLCHADO EN LA AGRICULTURA.

1. Control de malezas.

El acolchado con polietileno negro elimina casi la totalidad de las malezas, excepto algunos como el coquillo (*Cyperus rotundus L.*). Este efecto del plástico negro se debe a su impermeabilidad a la luz, que impide la actividad fisiológica de las malezas. Así mismo, con esta práctica se evita el uso frecuente de herbicidas, que permiten el crecimiento exuberante de malezas no selectivas a los mismos.

El plástico transparente permite que las malezas se desarrollen, según la especie, con más o menos exuberancia si no se toman las precauciones adecuadas. Sucede si se permite la entrada de aire a través de los agujeros de siembra o por los bordes del plástico, cuando no está bien enterrado. La aplicación correcta permite que la temperatura y humedad alta, bajo el mismo, quemen las malezas germinadas, de este modo el plástico transparente ofrece su efecto positivo sobre el terreno y sobre la planta (CIQA, 1997).

2. Humedad del suelo.

La cantidad de agua bajo el plástico es generalmente superior a la del suelo desnudo, salvo en el momento inmediatamente posterior a una lluvia. Con el uso de cualquier tipo de plástico la mayor pérdida de agua es por percolación, tanto en el caso de agua de irrigación como después de una lluvia abundante, ya que con el acolchado se impide la evaporación casi totalmente.

Los efectos del acolchado sobre la humedad del suelo se logran solamente si éste es lo suficientemente amplio en torno a la planta, no se determina sólo por la mayor cantidad de agua, sino por su distribución sobre el perfil del suelo.

Al efectuar adecuadamente el suministro de agua de irrigación y explotar las características del acolchado respecto a la humedad del suelo, se mantiene un régimen hídrico constante muy cercano al óptimo en el terreno (Ibarra y Rodríguez, 1991).

3. Temperatura del suelo.

El acolchado sobre la temperatura del suelo está fuertemente influenciado por el tipo de plástico que se utilice (por composición química o coloración del mismo). Por otra parte, para que dicho efecto sea relevante, la faja del suelo acolchado deberá ser suficientemente amplia alrededor de un metro como mínimo.

Las características del plástico para acolchar sobre la temperatura son:

- El PVC obstaculiza más que el polietileno la salida de radiación, provocando mayor calentamiento y mayor efecto de invernadero en el terreno, lo que adelanta la producción.
- El plástico transparente permite el paso de radiación luminosa, aumentando la temperatura del suelo, lo que favorece el desarrollo de malezas, que deben ser controladas por otros medios.
- El plástico negro absorbe la mayor parte de la radiación, impidiendo el desarrollo de malezas pero obstaculizando hasta cierto grado el calentamiento del suelo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

4. Fertilización.

La humedad y temperatura del suelo, junto con la naturaleza físico-química, condicionan la actividad de la flora microbiana y la reacción bioquímica y química del terreno influyen en sentido positivo o negativo sobre la nitrificación.

El terreno desnudo necesita de una saturación hídrica elevada, que varíe entre 60 y 80% para que exista una buena nitrificación. Estos límites son fáciles de obtener por medio del acolchado; el abono nítrico queda a disposición de la planta en gran parte bajo el acolchado y con un suministro de agua; la percolación, que es causa de fuertes pérdidas de abonos nítricos por lavado, es reducida al mínimo (Ibarra y Rodríguez, 1991).

5. Textura y estructura del suelo.

La textura del suelo tiene una influencia muy grande en el movimiento del agua, la circulación del aire y la velocidad de las transformaciones químicas, que son de gran importancia para los aspectos fisiológicos de las plantas. El uso de películas plásticas y las prácticas culturales que realizan los agricultores no puedan modificar la textura debido a que este parámetro se refiere al tamaño de las partículas que forman el cuerpo del suelo.

Con relación a la estructura del suelo es muy importante saber que este parámetro se refiere a la cantidad y tamaño de poros que controlan la aeración y movimiento del agua en el suelo. El efecto del arropado plástico sobre la estructura del suelo ha mostrado que éste mantiene la estructura del terreno en el estado en que se encontraba cuando se colocó el plástico, asociándose con un adecuado desarrollo de las raíces y consecuentemente de las plantas (PRONAPA, 1988).

6. Actividad microbiana.

Ibarra y Rodríguez (1991), proponen que la actividad de la microflora del suelo es condicionada por el estado físico, la humedad y la temperatura, factores influenciados por el acolchado; mientras que la actividad microbiótica, sobre todo en el proceso de transformación, favorece la producción de anhídrido carbónico bajo el polietileno, donde es cuatro veces mayor que en terreno descubierto.

El calor dice PRONAPA (1988), que ha sido uno de los métodos físicos utilizados para el control de patógenos del suelo que interfieren con el desarrollo de los cultivos, en épocas recientes, el avance tecnológico de plásticos ha permitido dentro de la diversificación de sus usos el desarrollo de la técnica conocida como “solarización” que consiste en la utilización de una película de plástico transparente colocada sobre un suelo húmedo para lograr el calentamiento del mismo y llevar a cabo un proceso de esterilización o pasteurización que nos permita la eliminación de microorganismos tales como: hongos, bacterias y nemátodos directamente en el campo.

D. VENTAJAS DEL ACOLCHADO PLASTICO.

CIQA (1997) y PRONAPA (1988), mencionan las ventajas que tienen los plásticos dentro de los cultivos y es como se cita a continuación:

- Producción de cosechas tempranas
- Producción de altos rendimientos.
- Supresión de aporques y deshierbes.
- Calidad de los frutos.
- Reducción de los costos por mano de obra, herbicidas e insecticidas.
- Reducción de los costos de agua y fertilizantes.
- Protección de los frutos.
- Precocidad de la cosecha, permitiendo aprovechar ventanas de oportunidad.
- Reducción de la mosca blanca y áfidos en general.
- Evita la erosión de la tierra.

E. DESVENTAJAS DEL ACOLCHADO PLASTICO.

Dentro del acolchado plástico se presentan desventajas mencionadas por PRONAPA (1988), y son las siguientes:

- Cuando esta operación se hace en forma manual es bastante laboriosa y requiere abundante mano de obra.
- Costo del material de plástico utilizado para el acolchado, lo que condiciona que solo pueda efectuarse en aquellos cultivos que sean altamente remunerativos.
- Necesidad de conocimientos técnicos para la aplicación de esta práctica, ya que si no se maneja adecuadamente puede originar problemas serios, como exceso de humedad que se traduce en enfermedades y aumento en la población de insectos así como propiciar la salinización del suelo.

F. CARACTERISTICAS DE LOS PLASTICOS.

1. Duración de los plásticos.

Ibarra y Rodríguez (1991), proponen que los plásticos comúnmente empleados son más fuertes en una dirección que en otra, es decir, tienen diferentes propiedades de elongación tanto a lo largo como a lo ancho. Todos los plásticos son eventualmente degradados por su exposición a la radiación ultravioleta. La velocidad de este proceso varía en cada plástico y puede ser disminuida por aditivos que inhiben la degradación por radiación ultravioleta.

Hernández (1994), señala la duración de los plásticos de acuerdo a:

- Calidad del plástico.
- Condiciones climatológicas de la zona (oscilaciones de temperatura).
- Latitud de la zona de cultivo.
- Estación del año
- Pigmentación de las láminas.
- Espesores de los plásticos.

2. Propiedades de los plásticos.

Ibarra y Rodríguez (1991), mencionan que los plásticos pueden ser producidos en rangos de espesor que normalmente es dado en micrones (un micrón es igual a 0.001 mm). El término calibre fue utilizado previamente; donde un calibre es igual a una milésima de pulgada por lo que 37.5 micrones son equivalentes a 150 calibres.

Algunos estudios sugieren que un espesor de 37.5 micrones, tanto en plástico negro como en transparente, es suficiente para cubrir un ciclo vegetativo hasta de siete meses. Para el acolchado de cultivos cuyo ciclo vegetativo sea de un año en adelante se sugieren espesores de 50 a 200 micrones.

CIQA (1997), determina que los plásticos angostos son atractivos debido a su bajo costo, pero tienen el inconveniente de que solamente cubren una porción del suelo, mientras que las hojas más anchas minimizan el porcentaje de labores culturales fuera del surco.

Los plásticos angostos para acolchado de hileras individuales de cultivo, son atractivos en términos de costos, pero la técnica mecanizada de la colocación no ha sido desarrollada en gran escala.

Por otra parte los rollos se encuentran de 3,000 pies de largo (915 m) con el ancho específico (hasta 4 m sin doblez) en calibres (cuadro 3.1) diferentes donde el rollo contiene bobina de cartón de alta resistencia de 3 pulg de diámetro interior.

CUADRO 3.1 CALIBRES DE LOS ACOLCHADOS PLASTICOS.

TIPOS DE ACOLCHADO	0.00100" (25 micrones)	0.00125" (32 micrones)	0.0015" (37 micrones)
Aluminio/negro	-	x	x
Aluminio/aluminio	-	x	x
Blanco/negro	-	x	x
Blanco/blanco	-	x	x
Negro	x	x	x
Natural (acolchado)	x	x	x
Natural (micro-tunel)	-	x	x
Natural con i. r. t. (solarización)	x	x	-
Natural con alta barrera de gases (para fumigación química)	x	x	-

FUENTE: Cortesía de Exportadora de Plásticos Agrícolas (EPA).

Papaseit (1997), afirma que la mayoría de los plásticos usados en la agricultura se encuentran agrupados bajo el término de láminas flexibles como se muestra en el cuadro 3.2, donde se señalan algunas propiedades de estos plásticos empleados en la producción de cultivos.

CUADRO 3.2 SUPERFICIES, PESOS Y DENSIDADES DE LAS LAMINAS FLEXIBLES.

	PESO DE 1 m ²			SUPERFICIE DE 1 kg		
	P. E. bd	PVC	EVA	P. E. bd	PVC	EVA
DENSIDAD (g/cm ³)	0.925	1.3	0.925			

ESPESOR (micras)	gramos			metro cuadrado		
30	27	39	28	36.4	25.6	36.0
40	37	52	37	27.3	19.2	27.0
50	46	65	46	21.9	15.4	21.6
80	73	104	74	13.7	9.6	13.5
100	92	130	93	10.9	7.7	10.8
120	110	156	111	9.1	6.4	9.0
135	124	176	125	8.1	5.7	8.0
150	137	195	139	7.3	5.1	7.2
180	165	234	167	6.1	4.3	6.0
200	183	260	185	5.5	3.8	5.4
300	275	390	278	3.6	2.6	3.6
Donde: Polietileno de baja densidad (P. E. bd), Policloruro de vinilo (PVC) y Copolímero de acetato de vinilo (EVA)						

FUENTE: Papaseit, 1997.

G. CLASES DE PLASTICOS.

PRONAPA (1988), dice que el material plástico más utilizado hoy en día en el acolchado es el polietileno por su bajo costo en comparación con otros plásticos como el PVC. Las coloraciones o pigmentación más utilizadas para el acolchado son: negro opaco, transparente, gris humo, verde, marrón, metalizado blanco cerrado.

Según estudios realizados por varios años en diversos países, se comprobó que los resultados en parcelas acolchadas con algunas películas como el negro opaco, gris humo y transparentes son distintas, debido a que los efectos producidos por los mismos eran diferentes, como consecuencia del comportamiento espectrométrico de estos materiales. Las películas transparentes son permeables a la luz solar en un 80% así como a las radiaciones infrarrojas de suelos y plantas.

La película negro opaca no deja pasar la radiación visible, absorbe una gran parte del calor recibido del sol y lo transmite por radiación hacia el suelo y la atmósfera, por lo que es poco permeable a la radiación nocturna del suelo y la planta. La lámina gris humo es también poco permeable a la radiación lumínica del sol, pero lo es bastante a las caloríficas.

A continuación se mencionan algunos materiales plásticos de uso común:

- Polietileno de baja densidad (PEbd) y alta densidad (PEad).
- Polipropileno (PP).
- Cloruro de Polivinilo (PVC) rígido y flexible.
- Copolímeros de acetato de Etilen-Vinilo (EVA).
- Poliamidas y Poliésteres lineales.
- Poliésteres no saturados, reforzados con fibra de vidrio o nylon.
- Polimetacrilato de metilo y policarbonatos.
- Poliestireno de diversos tipos (PS).
- Espumas diversas, urea (formaldehído, poliestireno, etc.).

H. COLOCACION DE LOS PLASTICOS.

1. Colocación manual.

PRONAPA (1988), menciona los pasos para la colocación del plástico en forma manual, y es como sigue:

- Primero se hacen los surcos o camas, y a ambos lados del mismo que se vaya a acolchar, se hacen en la tierra dos pequeños surcos o zanjas de 10 cm de profundidad sobre las cuales se coloca el extremo de la lámina de plástico, tapando a continuación este extremo con suficiente tierra para impedir que el viento lo levante.
- Se desenrolla el plástico y se va extendiendo encima de la franja que se va a acolchar.
- Al ir extendiendo, dos personas van tapando con tierra cada lado del plástico sobre los surcos o zanjitas paralelas que se hicieron previamente.
- Al finalizar de la cama o surco se sujeta el plástico de la misma forma que se hizo en el otro extremo. No es conveniente colocar el plástico cuando se presentan vientos moderados o fuertes, pues se dificulta la operación y se puede romper la película.

Al acolchar con plástico se debe procurar que la película quede lo más tensa posible y muy pegada a la tierra, con el fin de que las malas hierbas tengan poco volumen de aire para su desarrollo y que inmediatamente después de su emergencia, tomen contacto con el plástico y se quemen. No se aconseja colocar la película al medio día o cuando haga mucho calor porque puede quedar demasiado tensa y al bajar la temperatura puede romperse o zafarse del anclaje de tierra.

Todos los bordes de la película plástica deben quedar bien cubiertos con tierra, sin que ninguna punta o borde del plástico sobresalga de ésta, con el fin de que el viento no lo levante.

2. Colocación mecánica.

Ibarra y Rodríguez (1991), afirman, que dicha colocación es esencial cuando las áreas que se van a cubrir con plástico son de gran extensión. Al igual que con la colocación manual, se realiza la preparación convencional del suelo para enganchar posteriormente a los tres puntos del elevador del tractor, un implemento ideal para esta técnica, con el que se consigue a la vez desenrollar el plástico y tapar los bordes por medio de unas pequeñas vertederas, que van abriendo zanjas y posteriormente van tapando con tierra.

La labor para el tendido del plástico es muy variable, de acuerdo con el ancho del plástico y el grado de mecanización involucrado, aunque también depende del cultivo. En los estudios de validación semicomercial se ha advertido que con un tractorista y un asistente se pueden cubrir tres hectáreas por día, con acolchadoras que tienen una sola hilera de plástico.

Papaseit (1997), mencionan que para la colocación del plástico el suelo debe estar previamente preparado con las labores adecuadas, limpio de malas hierbas y con el grado justo de humedad. Como se muestra en la figura 3.1 la mecanización de la lámina de plástico negro es de un metro de ancho para acolchado plano ya que es muy adecuado para cultivos herbáceos implantados en línea.

En varios países se ha diseñado maquinaria, disponible en el mercado, capaz de tender y perforar el plástico, a la vez que realiza la siembra



FIGURA 3.1. COLOCACION MECANIZADA DE PELICULA PLASTICA.

I. PERFORACION DEL PLASTICO.

Las perforaciones se efectúan de acuerdo al marco (cuadro 3.3) de plantación que requiere el cultivo, de tal forma que sobre cada hilera pueden ir una o dos filas de plantas. Las perforaciones deberán realizarse con objetos cortantes de sección circular, y nunca en forma de cruz u hendidura, que ofrecen secciones débiles, fácil de desgarrarse por el viento.

Existen aparatos que perforan la lámina mediante calor. Constan de una boquilla de sección circular calentada por un soplete de combustión de gas butano. Las perforaciones efectuadas por el calor, ofrecen gran resistencia al desgarre, ya que los bordes del filme quedan soldados. Por medio de este aparato, la operación de

perforación del filme se realiza rápidamente, reduciendo considerablemente los costos de mano de obra.

En el perforado se puede utilizar un bote de seis a ocho cm de diámetro, procurando que sus bordes estén bien afilados; bastará realizar en él una ligera presión sobre la lámina, efectuando a la vez un pequeño giro para conseguir la perforación.

Es conveniente realizar las perforaciones a unos 10 cm de distancia del borde del filme enterrado, puesto que con ello se evitará que ciertos insectos, al pretender salir debajo del plástico, corten las plantas que se encuentren a su paso, al buscar la salida sobre los bordes del plástico (Chavana, 1992).

CUADRO 3.3 DISTANCIA ENTRE SURCOS Y PLANTAS DE LOS CULTIVOS.

CULTIVO	DISTANCIA (cm)			
	ENTRE SURCOS		ENTRE PLANTAS	ENTRE HILERAS
	UNA HILERA	DOS HILERAS		
Chile pimiento	92	-	40	-
Chile "Anaheim"	-	140	40	50
Maíz	75	-	19 - 22	-
Espinaca		92 - 100	10 - 12	25 - 30
Calabacita	92 - 100	-	45 - 100	-
Sandía	450	-	75	-
Frijol para grano	140	-	10	-
Frijol ejotero	92	-	25	-
Tomate	100 - 180	-	25 - 50	-

CUADRO 3.3 CONTINUACION.

Pepino	120	-	30 - 40	-
Melón	150 - 300	-	30 - 40	-
Chícharo	130	-	20	-
Coliflor	92 - 100	-	30 - 35	-
Lechuga	66 - 77	-	30 - 35	-
Espárgo	60	-	2 - 10	-
Apio	46	-	25 - 35	-
Acelga	66 - 77	-	25	-
Tomate de vara	200	-	50	-

FUENTE: Valadez, 1994 y CIQA, 1997.

J. TIPOS DE MAQUINAS PARA ACOLCHADO.

1. Acolchadora Blue Line (BL3000).

Es una acolchadora (figura 3.2) de la marca Kennco que se utiliza para la colocación del plástico en los diversos cultivos. Incorpora las características de operación de la acolchadora de plástico “green line” en una conveniente estructura para pequeños tractores. Donde se puede colocar plástico sobre un terreno plano o cama elevada. Esta acolchadora de plástico puede ser adaptada al gusto del usuario para cualquier ancho de surco, entre 122 a 183 cm. También acepta acolchado plástico desde 91 a 152 cm de ancho.

El rollo de plástico se apoya sobre rodillos, y no se draga en la tierra. La tensión apropiada es mantenida por un sistema de freno. Las ruedas lisas aprietan el plástico a través de la cama, y lo retienen en su lugar mientras que el plástico sea anclado con el suelo, puesto por los discos de cierre.

Esta máquina es adecuada para agricultores donde cubre de uno a dos hectáreas por ciclo de cultivo. Está diseñada para ser usada con tractores de 25 a 35 HP, e incluye acopladores de categorías uno y dos. Se le puede adaptar una aplicadora opcional de cintilla de goteo que acepta rollos de tamaño estándar y se conecta a la barra de la acolchadora.(i-d).



FIGURA 3.2. ACOLCHADORA BLUE LINE (BL3000).

2. Extendedora de película plástica (Plastic-Stop).

El Plastic-Stop (figura 3.3) coloca la película de plástico o celulosa y simultáneamente efectúa el aporcado lateral de la misma mediante rejas laterales. Gracias al correspondiente enganche a tres puntos del tractor se puede combinar permitiendo así la colocación de la película y el trasplante en una única acción combinada.

Los anchos de trabajo se pueden regular y se pueden utilizar películas plásticas hasta 140 cm para el modelo PS14 y 190 cm para el modelo PS19. Ambos suministran en las versiones con rodillo para allanar el terreno o con ruedas laterales de apoyo que van regulando la altura de trabajo.

En accesorios se tienen: trazadores de hilera, dispositivo para mangueras de riego, rodillo para los orificios de drenaje en la película, microgranulador, distribuidor de abonos, enganche de tres puntos posteriores para la combinación con Plastic-Stop+Wolf (i-b).



FIGURA 3.3. EXTENDEDORA DE PELICULA PLASTICA (PLASTIC-STOP).

3. Acolchadora-Trasplantadora (Plastic-Stop-PS+Wolf).

El Plastic-Stop-PS+Wolf (figura 3.4) coloca la película de plástico o de celulosa y efectúa simultáneamente el trasplante. Una rápida maniobra de desenganche permite el separado de la acolchadora y de la trasplantadora. La máquina semiautomática es específica para el trasplante en: hortalizas, florales, de vivero y de tabaco, con cepellón de forma cónica, cilíndrica (máximo seis cm de diámetro) o cúbica (máximo de seis por seis cm), plantas de raíz desnuda, bulbos y simientes (calabacines, melones, etc.).

Está dotada de un distribuidor con vasos perforadores rodantes y de un cambio de engranajes que permiten regular la distancia en la hilera. Las unidades de trasplante son independientes, modulares y regulables para distancias entre hileras.

Coloca la película de plástico y simultáneamente efectúa el aporcado lateral de la misma mediante rejas laterales (i-b).



FIGURA 3.4. ACOLCHADORA-TRASPLANTADORA (PLASTIC-STOP-PS+WOLF).

4. Máquina acolchadora.

Se tiene una máquina acolchadora diseñada por la Unidad de Ingeniería y Mecanización Agrícola (UIMA) del CIFAP-Aguascalientes, ésta máquina es compacta, su calibración se concreta a dos puntos, el ajuste de los timones sobre el marco y el desplazamiento de las ruedas sobre su eje; puede acolchar plásticos con un ancho entre 900 y 1200 mm, puede realizar labores simultáneas de surcado para riego, acolchado, fertilizado, siembra a través del plástico y/o perforado del plástico según se requiere. La máquina puede ser manejada con un tractor de 50 kw o mayor, que da un rendimiento de trabajo de tres a cuatro hectáreas por día (10 horas).

El mantenimiento de la máquina es breve pero importante y se refiere a:

- Una vez ajustado el marco y todos sus componentes, revisar el apriete de cada tornillo, cuando menos una vez al día en tiempo de trabajo.
- Limpiar los botes fertilizadores después de cada jornada de trabajo, y lubricar una vez al día, los botes y el mecanismo de engranajes y cadena.
- Limpiar las sembradoras una vez al día, revisar el rizador de semilla, supervisar el funcionamiento de los espeques y limpiar éstos en el transcurso del día, especialmente en suelos húmedos.
- Revisar la presión del aire de las llantas (25 a 30 lb).
- Después de cada ciclo de trabajo, limpiar y lubricar todos los componentes de la acolchadora, (AMIA, 1992).

K. PRINCIPIOS DEL DISEÑO.

Diseñar es formular un plan para satisfacer una demanda humana. La necesidad particular que habrá de satisfacerse puede estar completamente bien definida desde el principio. Es la necesidad particular por satisfacer que puede ser tan confuso e indefinido, que se requiere un esfuerzo mental y físico considerable.

El diseño mecánico es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica: máquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, la ciencia de los materiales y la ciencia mecánica aplicada. Identificar la necesidad y expresarla con determinado número de palabras es una actividad bastante creativa, pues la necesidad puede manifestarse simplemente por la intuición de una dificultad o en la sensación de que algo no es correcto. Con frecuencia, la necesidad no es del todo evidente; por lo general, se identifica de repente a partir de una circunstancia adversa o de una serie de circunstancias fortuitas que surgen casi al mismo tiempo (Shigley y Mischke, 1990).

El diseño mecánico es el proceso de diseñar, elegir, componentes mecánicos y armarlos para que cumplan con la función que se pretende. Desde luego, los elementos

de maquinaria deben ser compatibles, tienen que ajustarse entre sí en forma adecuada y funcionar con seguridad y eficiencia. El diseñador ha de considerar no solo el rendimiento del componente que está diseñando sino, los elementos con los que debe interactuar.

El desempeño satisfactorio de partes de maquinaria y sistemas depende en gran medida de los materiales que elige el diseñador. Este debe comprender cómo se comportan los materiales, qué propiedades de los materiales afectan el desempeño de los elementos o piezas y de qué manera interpretar la gran cantidad de información disponible relativa a las propiedades de los materiales (Mott, 1995).

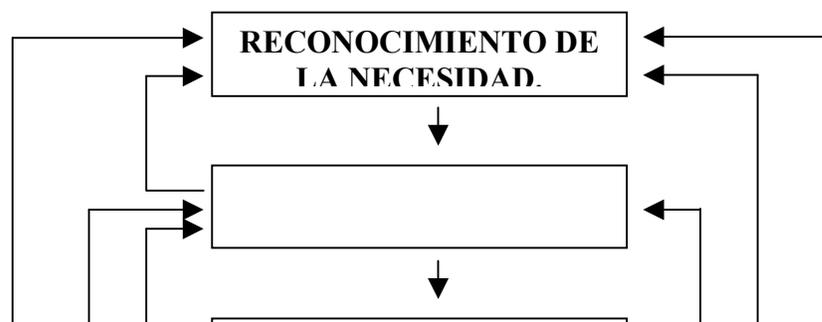
L. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES.

Askeland (1987), nos dice que el comportamiento físico de los materiales se encuentra descrito por una gran variedad de propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas y térmicas. La mayoría de estas propiedades está determinada por la estructura atómica, el ordenamiento atómico y la estructura cristalina del material. Las propiedades físicas pueden modificarse en gran parte cambiando el ordenamiento de corto y de largo alcance de los átomos, así como introduciendo y controlando las imperfecciones en la estructura atómica.

M. CONSIDERACIONES PARA LLEVAR A CABO UN DISEÑO.

1. Fases de un diseño.

Shigley y Mitchell (1989), proponen que para hacer el proceso total del diseño se lleva a cabo una serie de pasos desde que empieza hasta que termina, ya que van relacionadas entre ellas, y a partir de cada etapa del diseño se debe tomar muy en cuenta para continuar con la siguiente, hasta terminar con la última parte del diseño, como se muestra en la figura 3.5.



Interacción

FIGURA 3.5. FASES DEL DISEÑO.

2. Consideraciones para un diseño.

Shigley y Mitchell (1989), confirman que la resistencia de un elemento es un asunto muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento. En tal caso la resistencia es un factor muy importante de diseño. La expresión factor de diseño significa alguna característica que influye en el diseño de un elemento o todo el sistema. Por lo general se tienen que tomar en cuenta varios de estos factores en un caso de diseño determinado. En ocasiones, algunos de estos factores será crítico, y si se satisfacen sus condiciones, ya no será necesario considerar los demás.

A continuación se mencionan las consideraciones mas presentes en un diseño.

- Resistencia
- Confiabilidad
- Condiciones térmicas
- Corrosión
- Desgaste
- Fricción
- Procesamiento
- Utilidad
- Costo
- Seguridad
- Peso
- Ruido
- Estilización
- Forma
- Tamaño
- Flexibilidad
- Control
- Rigidez
- Acabado de superficies
- Lubricación
- Mantenimiento
- Volumen

3. Normas y códigos de diseño.

Shigley y Mitchell (1989), hablan de las normas y códigos en su importancia con el diseño de la ingeniería.

Norma: Es un conjunto de especificaciones para piezas, materiales o procesos establecidos con el fin de lograr uniformidad, eficacia, eficiencia y una calidad especificada. Uno de los objetivos importantes de una norma es fijar un límite al número de términos en las especificaciones, así como permitir que se tenga un inventario razonable de herramientas, tamaños, formas y variedades.

Código: Es un conjunto de especificaciones para efectuar el análisis, el diseño, la fabricación y la construcción de un objeto o sistema. El propósito de un código es alcanzar un grado especificado de seguridad, eficacia, eficiencia y buen funcionamiento o calidad.

4. Factor de seguridad.

Un enfoque general para el problema de esfuerzo y resistencia es el método del factor de seguridad, un procedimiento tan antiguo como el propio diseño de ingeniería y, por tanto, con frecuencia se le llama método clásico de diseño. Este factor es utilizado para asegurar un diseño en buenas condiciones y que realmente tenga una función correcta sin riesgo de fallas del diseño. Se define por la relación:

$$\eta_p \frac{\text{resistencia}}{\text{esfuerzo}}$$

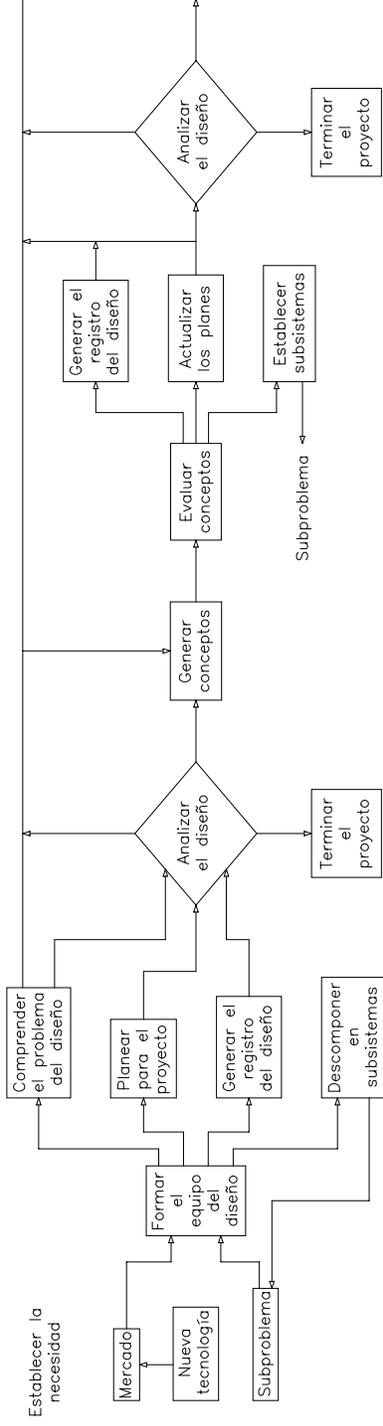
5. Evaluación de diseño.

Mott (1995), dice que el responsable de diseño debe establecer criterios que sirvan de guía en los procesos de toma de decisiones inherentes a cualquier proyecto. Como para cada problema de diseño existen distintas alternativas con relación a su solución, cada uno debe evaluarse en función de los criterios que se proponen. Así como no puede haber un mejor diseño, se debe trabajar para obtener lo mejor del diseño.

Según Ullman (1992), dice que el desarrollo de un producto de manufactura de una necesidad inicial no es un trabajo fácil, por que el proceso es diferente en cada producto y la industria que lo elabora, ya que es necesario construir un diagrama genérico para el proceso de diseño del producto.

En el siguiente diagrama de flujo (figura 3.6) se muestran los procesos que se deben seguir para el diseño de un producto propuesto donde las primeras tres fases son de mayor preocupación durante el diseño.

Fase 1: Especificación desarrollo/planificación



Fase 2: Diseño conceptual

Fase 3: Diseño del producto

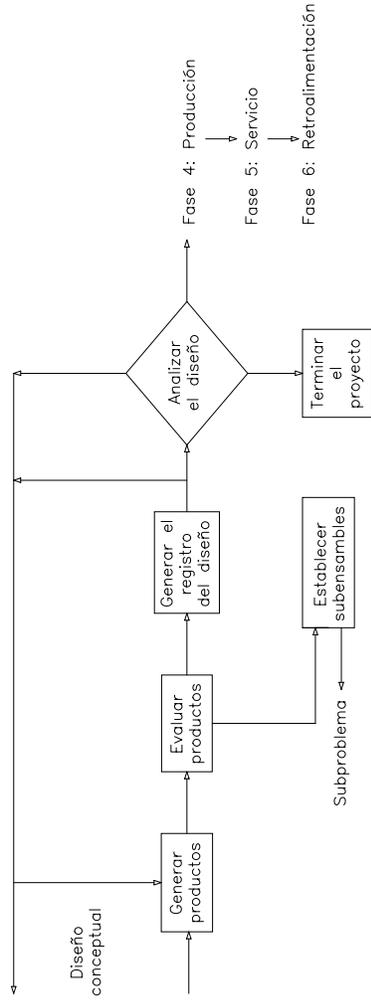


FIGURA 3.6. PROCESOS DE DISEÑO DE PRODUCTOS.

IV. MATERIALES Y METODOS.

El diseño del mecanismo perforador de plástico se realizó en el Departamento de Maquinaria Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” en un periodo de siete meses por lo que se hizo de la manera más eficiente para lograr el objetivo planteado.

Enseguida se dan las variables más utilizadas en esta sección por lo que será de gran apoyo para el lector, para interpretar las expresiones dadas.

SIMBOLO	CONCEPTO	UNIDAD
A	Area	m ² , plg ²
l	Longitud	m
a	Ancho	m
W	Peso	lb
v	Velocidad lineal	pies/min
D	Diámetro	plg
n	Velocidad de giro	rpm
T	Torque	lb.plg
P	Potencia	hp
N _W	Número de dientes del gusano	No tiene
N _G	Número de dientes del engrane	No tiene
P _d	Paso diametral	No tiene
C	Distancia central	plg
RV	Relación de velocidad	No tiene
p	Paso circular	plg
P _x	Paso axial	plg
D _W	Diámetro de paso del gusano	plg
D _G	Diámetro de paso del engrane	plg
L	Desplazamiento o longitud	plg
λ	Angulo de desplazamiento	grados

ϕ_n	Angulo de presión normal	grados
ϕ_t	Angulo de presión transverso	grados
F_G	Espesor de la cara del engrane	plg
F_w	Longitud de la cara del gusano	plg

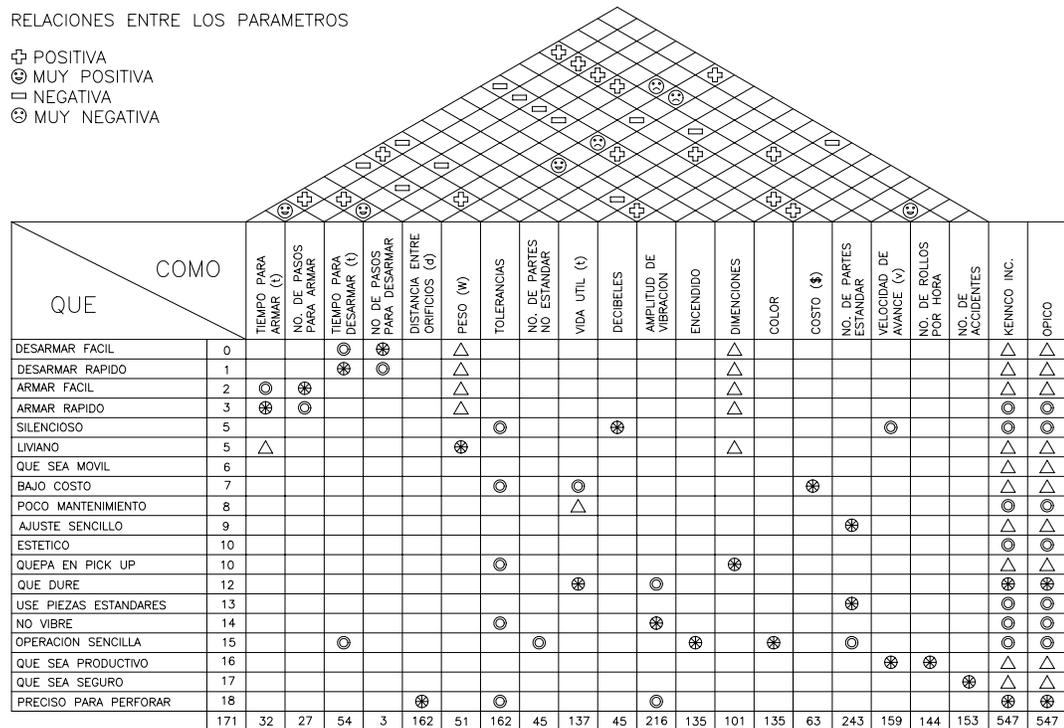
SIMBOLO	CONCEPTO	UNIDAD
D_{tG}	Diámetro de garganta del engrane	plg
W_{tG}	Fuerza tangencial del engrane	lb
v_{tG}	Velocidad lineal del engrane	pies/min
v_s	Velocidad de deslizamiento	Pies/min
n_G	Velocidad de giro del engrane	rpm
W_{xG}	Fuerza axial del engrane	lb
W_{rG}	Fuerza radial del engrane	lb
W_f	Fuerza de fricción	lb
P_L	Pérdida de potencia	hp
P_o	Potencia de salida	hp
T_o	Torque de salida	lb.plg
P_i	Potencia de entrada	hp
η	Eficiencia	%
W_{tR}	Carga tangencial calificada	lb
PD	Potencia de diseño	hp
n_1	Velocidad de giro de la rueda dentada pequeña	rpm
n_2	Velocidad de giro de la rueda dentada grande	rpm
N_1	Número de dientes de la rueda dentada pequeña	No tiene
N_2	Número de dientes de la rueda dentada grande	No tiene
D_1	Diámetro de paso de la rueda dentada pequeña	plg
D_2	Diámetro de paso de la rueda dentada grande	plg
L_C	Longitud de la cadena	pasos
S_u	Resistencia a la tracción	lb/plg ²
S_y	Resistencia a la cedencia	lb/plg ²
S_n	Resistencia por durabilidad	lb/plg ²
S'_n	Resistencia por durabilidad modificada	lb/plg ²
N	Factor de diseño	No tiene
F_c	Fuerza de flexión	lb
τ_d	Tensión por esfuerzo de corte de diseño	lb/plg ²
K_t	Valor de diseño preliminar	No tiene
Z_p	Coefficiente de la sección polar	plg ³
σ_d	Tensión de diseño para compresión	lb/plg ²
H	Altura de la cuña	plg

El QFD es una técnica de evaluación de diseño y en base a este se consideró para evaluar las variables dadas, y, así de esta forma se diseñó dicho implemento el cual

se basó de acuerdo a la orden de importancia de sus componentes que forman la máquina (figura 4.1).

RELACIONES ENTRE LOS PARAMETROS

- ⊕ POSITIVA
- ⊗ MUY POSITIVA
- ⊖ NEGATIVA
- ⊗ MUY NEGATIVA



⊗ = 9
 ⊗ = 3
 △ = 1

FIGURA 4.1. DESPLIEGUE DE LA FUNCION DE CALIDAD DEL IMPLEMENTO.

A. MATERIALES.

A continuación se mencionan los materiales utilizados para la construcción del implemento en el cuadro 4.1, con sus especificaciones correspondientes de cada uno de ellos.

CUADRO 4.1 MATERIALES UTILIZADOS PARA LA CONSTRUCCION.

DESCRIPCION	MEDIDA	CANTIDA D
PTR	1 x 1 x 27 1/2" calibre 14	6
PTR	1 x 1 x 38" calibre 14	3
PTR	1 x 1 x 30" calibre 14	4
PTR	1 x 1 x 40" calibre 14	6
PTR	1 x 1 x 7 1/8" calibre 14	4
PTR	1 x 1 x 9 7/32" calibre 14	4
PTR	1 x 1 x 6" calibre 14	2
PTR	1 x 1 x 3 1/4" calibre 14	4

CUADRO 4.1..... CONTINUACION.

Placa ASTM A-36	6 1/2 x 5 1/2 x 1/4"	1
Placa ASTM A-36	10 1/4 x 5 13/16 x 1/4"	4
Placa ASTM A-36	7 x 2 x 1/8"	2
Placa ASTM A-36	3 1/8 x 2 x 1/8"	3
Placa ASTM A-36	3 1/8 x 1 1/4 x 1/8"	1
Cercha	1 x 1/4 x 2 9/16"	8
Cercha	1 x 1/4 x 3 1/2"	4
Acero cuadrado	1/4 x 1/4 x 2 3/8"	2
Acero cuadrado	3/8 x 3/8 x 1 7/8"	1
Acero cuadrado	3/8 x 3/8 x 3/4"	2
Acero redondo	1/8" Ø	1
Tubo	1 1/2" Ø cédula 40	1
Cuña	3/16 x 3/16 x 1 1/2"	1
Cuña	1/4 x 1/4 x 3/4"	1
Cuña	3/16 x 3/16 x 1 1/4"	2
Tabla	6 x 1 x 38"	1
Motor monofásico	1/2 hp (1750 rpm)	1
Reductor de velocidad	20:1	1
Cadena	No. 40, 1/2" paso	1
Rueda dentada pequeña	24 dientes	1
Rueda dentada grande	36 dientes	1
Balero NTN 1L040	5/8" Ø	4
Cople de mordaza	3/4" Ø	1
Tornillo con tuerca	1/4 x 3/4"	4
Tornillo con tuerca	1/4 x 2 1/2"	4
Tornillo con tuerca	1/4 x 1 1/2"	24
Chumacera	1 3/8" Ø	4

Reductor de diámetro	$1 \frac{5}{8}'' \text{ Ø}$	4
Acoplamiento	$1 \frac{19}{32}'' \text{ Ø}$	2
Freno de caucho	$\frac{7}{8}'' \text{ Ø}$	1
Perforador	$1'' \text{ Ø}$	1
Perforador	$1 \frac{1}{2}'' \text{ Ø}$	1
Perforador	$2'' \text{ Ø}$	1
Perforador	$2 \frac{1}{2}'' \text{ Ø}$	1
Solenoide	115 volts	1
Potenciómetro	115 volts	1
Resistencia	150° C	1
Tubo hueco enroscado	$1 \frac{1}{8}'' \text{ Ø}$	1
Tubo hueco enroscado	$\frac{7}{8}'' \text{ Ø}$	1

B. METODOS.

1. Estructura

Está compuesta en dos partes, la primera estructura está diseñada de una forma que se puedan colocar todos los componentes de la máquina y la otra parte es la base estructurada con cuatro pies que soporta todo el mecanismo perforador de plástico.

La estructura está constituido de PTR de 1 x 1 plg calibre 14 se hacen los cortes convenientes con segueta y los orificios con taladro con la medida correspondiente y posteriormente se une con soldadura eléctrica y por otra parte en los extremos del PTR donde se unen con tornillos, se colocan cerchas de 1 x $\frac{1}{4}$ plg por lo que también se hacen los orificios con taladro unidos al PTR con soldadura (apéndice A).

2. Chumaceras.

La chumacera es bipartida de $1 \frac{3}{8}$ plg de diámetro (interior) donde una mitad de la chumacera será soldada a un portachumacera de placa de acero y la otra mitad unido por medio de un perno con respecto al otro, de tal modo que se pueda abrir y cerrar con tornillo y tuerca, al momento de colocar el rollo de plástico al eje.

El porta chumacera es de placa de acero ASTM A-36 de $\frac{1}{4}$ plg de espesor que tendrá una ranura semicircular en la parte superior de esta. Se ocuparán cuatro de estas piezas soldadas eléctricamente en los cuatro extremos de la parte superior de la estructura de tal forma que se coloquen los dos ejes (apéndice A).

3. Ejes.

La máquina cuenta con dos ejes que soportan el rollo de plástico por lo que serán maquinados de acero AISI 1040 rolado en caliente que tendrá un diámetro de $\frac{5}{8}$ plg donde van montados los baleros NTN 1L040 del mismo diámetro y en la parte media tiene un diámetro de $1 \frac{19}{32}$ plg.

En uno de los ejes es impulsado por cadena por lo que llevará rueda dentada número 40 de $\frac{1}{2}$ plg de paso, a un diámetro de $\frac{5}{8}$ plg con respecto al eje unido con una cuña de $\frac{3}{16} \times \frac{3}{16} \times 1 \frac{1}{2}$ plg.

Para fijar el rollo de plástico al eje tendrá dos reductores de diámetro de $1 \frac{5}{8}$ plg de diámetro (interior) que se colocan en los extremos de la bobina de cartón con una entrada de $3 \frac{1}{8}$ plg de diámetro y posteriormente se fija al eje con un acoplamiento que se pone en forma enroscada por lo que tendrá rosca cuadrada el eje, y en el otro extremo tendrá un diámetro mayor de $1 \frac{7}{8}$ plg para que este no salga (apéndice A).

4. Transmisión de movimiento.

Para el funcionamiento de la máquina, estará compuesto por un motor monofásico de 1 hp y 1750 rpm por lo que tiene en seguida un reductor de velocidad de 20:1 unido por medio de un cople de mordaza y dos cuñas en cada eje de $\frac{3}{16} \times \frac{3}{16} \times \frac{1}{2}$ plg. Ambos componentes estarán sujetadas a la estructura por tornillos.

Del reductor al eje, el movimiento es transmitido por medio de cadena número 40 de $\frac{1}{2}$ plg de paso, donde en el eje del reductor va puesta la rueda dentada pequeña de 24 dientes unido con una cuña de $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$ plg y en el eje motriz lleva la rueda dentada grande de 36 dientes. La transmisión de cadena será lubricada en forma manual (apéndice A).

5. Freno.

La máquina cuenta con un freno bipartida de caucho de $\frac{7}{8}$ plg de diámetro (interior) que es colocada en uno de los extremos del eje impulsado por el plástico sostenido con tornillo y tuerca a la estructura. El freno tiene un tornillo y tuerca que es apretada para conseguir el frenado del plástico (apéndice A).

6. Base del perforador.

Se construye de acero ASTM A-36 de $\frac{1}{8}$ plg de espesor en secciones rectangulares que se unirá mediante soldadura eléctrica; en la parte de abajo estará formado por tubo de acero cédula 40 de $1 \frac{1}{2}$ plg de diámetro nominal y en los extremos del tubo se soldarán dos placas rectangulares del mismo espesor

haciendo dos perforaciones de $\frac{7}{8}$ plg de diámetro con respecto al tubo y dos ranura rectangulares de $\frac{1}{4} \times 1 \frac{3}{8}$ plg pasando por las perforaciones, y en sus extremos de cada placa se hacen 4 orificios de $\frac{5}{16}$ plg

En la parte superior de la base, se soldará acero redondo de $\frac{1}{8}$ plg de diámetro, el cual se engancha el resorte que acciona el perforador. Al término, la base del perforador se coloca en la parte superior de la estructura mediante tornillos (apéndice A).

7. Sistema perforador.

El perforador está compuesto por un solenoide que hace un movimiento de vaivén, que se logra por medio de un resorte, de esta forma se obtiene una velocidad constante.

Por otra parte el perforador lleva por dentro una resistencia con una temperatura de funcionamiento de 150° C para lograr que el perforador se caliente, y así de esta forma se hace la perforación adecuada del plástico, evitando el desgarre.

Con el fin de hacer las perforaciones del plástico, el perforador es de acero de sección cilíndrica que tiene bordes afiladas y cortantes en forma circular, que al momento de hacer la perforación y con la temperatura elevada se facilita el corte del plástico. El perforador es colocado al cuerpo de deslizamiento por medio de un tornillo para facilitar el cambio del perforador por otro, de diámetro diferente.

El diseño de la máquina cuenta con cuatro tamaños de perforadores diferentes de 1, $1 \frac{1}{2}$, 2 y $2 \frac{1}{2}$ plg de diámetro, según se requiera de las necesidades de los cultivos ya que varia de acuerdo al tipo de plantación o siembra.

Finalmente se cuenta con una tabla que se encuentra abajo del perforador colocada a la estructura por medio de tornillos, de modo que se hace una

perforación en la parte media de 3 plg de diámetro para facilitar el paso del perforador con respecto al plástico, que al instante de hacer la perforación, la sección circular cortada caiga al suelo (apéndice A).

8. Control de velocidad del perforador.

A consecuencia de que el perforador tiene una velocidad constante y las perforaciones se hacen de una distancia uniforme entre orificios y según las demandas de perforación, se cuenta con un potenciómetro de alambre devanado que se conecta al solenoide para regular el voltaje logrando de esta forma calibrar la velocidad del perforador según se requiera el tipo de distanciamiento entre orificios (figura 4.2).

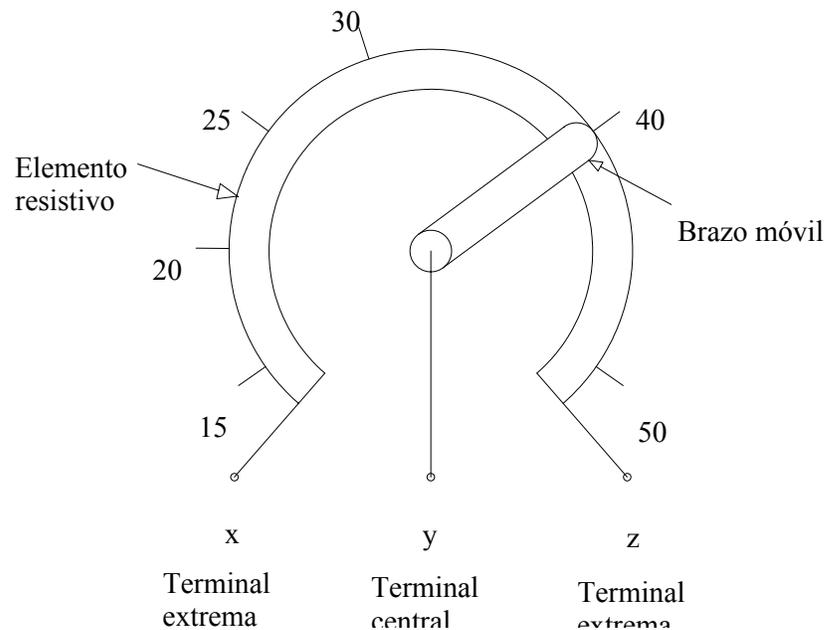


FIGURA 4.2 SISTEMA DE CALIBRACION DEL PERFORADOR.

C. DISEÑO DE MECANISMOS.

Para el diseño del mecanismo perforador de plástico dependerá del tipo de plástico, que normalmente se emplea para los cultivos, es el polietileno (PE) y el cloruro de polivinilo (PVC). Ibarra y Rodríguez (1991), nos recomienda que con un espesor de 37.5 micrones son suficientes para cubrir un ciclo vegetativo hasta de siete meses.

Con las características empleadas del plástico y a partir del cuadro 3.2 se encuentra que para el PVC con 40 micrones, valor cercano al recomendado tiene una relación de 52 grs/m² (0.052 kg/m²), se propone un plástico comercial de 915 x 0.902 m.

Al seleccionar dicho plástico, se toma como punto de partida, la velocidad de avance del plástico en un rango de 25 a 35 cm/seg para efectuar la perforación. Con estos datos se espera obtener un diseño confiable y una geometría adecuada de la máquina, y de esta forma se procede a diseñar.

1. Análisis para el diseño.

Para efectuar el diseño de los mecanismos, se analizan las características del plástico en base a su peso, velocidad y fuente motriz a usar, ya que de eso dependerá el diseño de todos los componentes de la máquina.

a) Peso del plástico.

Considerando la relación del plástico de 0.052 kg/m² y el área del plástico se obtiene el peso a partir de:

$$A = l \cdot a = (915m)(0.902m) = 825.330m^2$$

$$W = \text{relación} \times A = (0.052kg / m^2)(825.330m^2) = 42.917kg$$

b) Velocidad del plástico.

Obteniendo el valor medio del rango de velocidad de 30 cm/seg (59.055 pies/min) será la velocidad constante que tendrá la bobina de cartón con un diámetro de 3.75 plg que se coloca sobre el eje que es impulsado. De esta forma se calcula la velocidad de giro que tendrá la bobina.

$$v = \frac{\pi D n}{12} = (\text{pies} / \text{min})$$

$$n = \frac{12v}{\pi D} = \frac{12(59.055 \text{ pies} / \text{min})}{\pi(3.75 \text{ plg})} = 60.153 \text{ rpm}$$

c) Selección del motor.

Para obtener la potencia motriz, es necesario considerar el peso del rollo de plástico de 42.917 kg. (94.614 lb) con velocidad de giro de 60.153 rpm y diámetro de la bobina del plástico de 3.75 plg por lo que se determina el torque y posteriormente la potencia

$$T = \frac{WD}{2} = \frac{(94.614lb)(3.75plg)}{2} = 177.401lb \cdot plg$$

$$P = \frac{Tn}{63,000} = \frac{(177.401lb \cdot plg)(60.153rpm)}{63,000} = 0.169hp$$

Para diseñar la máquina se recomienda motor monofásico de 1 hp y 1750 rpm por el requerimiento de la velocidad lineal del plástico de 30 cm/seg ya que la velocidad angular suministrada debe ser de 87.5 rpm, se opta por usar un reductor de velocidad (tornillo sinfín-gusano).

2. Diseño del reductor de velocidad.

Se propone un reductor de velocidad de 20:1 que logra disminuir la velocidad de 1750 rpm a 87.5 rpm mediante tornillo sinfín-gusano, ya que tiene una distancia entre centros de 2.38 plg con 2 dientes del gusano y paso diametral de 12 por lo que el ángulo de presión transversal de los dientes es de $14 \frac{1}{2}$ plg. Este reductor es adecuado para satisfacer la velocidad suministrada que requiere el mecanismo perforador de plástico, y a partir de estos datos se calcula lo siguiente:

a) Geometría del tornillo sinfín y del gusano.

- Número de dientes del engrane.

$$RV = \frac{N_G}{N_W}$$

$$N_G = RV \cdot N_W = (20)(2) = 40$$

- Paso circular y paso axial.

$$p = P_x = \frac{\pi}{Pd} = \frac{\pi}{12} = 0.262 p \lg$$

- Diámetro de paso del engrane.

$$D_G = \frac{N_G}{P_d} = \frac{40}{12} = 3.333 p \lg$$

- Diámetro de paso del gusano.

$$C = \frac{D_W + D_G}{2}$$

$$D_W = 2C - D_G = 2(2.38) - 3.333 = 1.427 p \lg$$

- Desplazamiento.

$$L = N_w \cdot P_x = (2)(0.262) = 0.524 p \lg$$

- Angulo de desplazamiento.

$$\tan \lambda = \frac{L}{\pi D_W}$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{L}{\pi D_W} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{0.524}{\pi (1.427)} \right) = 6.67^\circ$$

- Angulo de presión normal.

$$\tan\phi_n = \tan\phi_t \cos\lambda$$

$$\phi_n = \tan^{-1}(\tan\phi_t \cos\lambda) = \tan^{-1}(\tan 14.5^\circ \cos 6.67^\circ) = 14.41^\circ$$

- Espesor de la cara del engrane.

$$F_G = \frac{6}{P_d} = \frac{6}{12} = 0.5 p \lg$$

- Longitud de la cara del gusano, donde D_{tG} se obtiene del cuadro 4.2.

$$F_W = 2 \left[\left(\frac{D_{tG}}{2} \right)^2 - \left(\frac{D_G}{2} - a \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$F_W = 2 \left[\left(\frac{3.499}{2} \right)^2 - \left(\frac{3.333}{2} - 0.083 \right)^2 \right]^{1/2} = 1.5 p \lg$$

- Dimensiones típicas del tornillo sinfín y del gusano (cuadro 4.2).

CUADRO 4.2 CARACTERISTICAS DIMENSIONADAS DEL SINFÍN-GUSANO.

CONCEPTO	FORMULA	SUSTITUCION	VALOR (plg)
Cabeza	$a = 1/P_d$	1/12	0.083
Profundidad total	$ht = 2.157/P_d$	2.157/12	0.180
Profundidad de trabajo	$hk = 2a$	2(0.083)	0.166
Raíz	$b = ht - a$	0.180 - 0.083	0.097
Diámetro de raíz del gusano	$D_{rW} = D_W - 2b$	1.427 - 2(0.097)	1.233
Diámetro externo del gusano	$D_{oW} = D_W + 2a$	1.427 + 2(0.083)	1.593

Diámetro de raíz del engrane	$D_{rG} = D_G - 2b$	$3.333 - 2(0.097)$	3.139
Diámetro de garganta del engrane	$D_{tG} = D_G + 2a$	$3.333 + 2(0.083)$	3.499

b) Obtención de fuerzas y potencia de trabajo del mecanismo

- Fuerza tangencial (peso del plástico).

$$W_{tG} = 94.614 lb$$

- Velocidad de la línea de paso del engrane.

$$v_{tG} = \frac{\pi D_G n_G}{12} = \frac{\pi (3.333 p l g)(87.5 rpm)}{12} = 76.351 \text{ pies / min}$$

- Velocidad de deslizamiento.

$$v_s = \frac{v_{tG}}{\sin \lambda} = \frac{76.351 \text{ pies / min}}{\sin 6.67^\circ} = 657.344 \text{ pies / min}$$

- Fuerza axial (W_{xG}) y fuerza radial (W_{rG}), está dada por el coeficiente de fricción (μ) a un valor de 0.026 con respecto a la velocidad de deslizamiento del mecanismo tornillo sinfin-gusano (apéndice B).

$$W_{xG} = W_{tG} \left(\frac{\cos \phi_n \sin \lambda + \mu \cos \lambda}{\cos \phi_n \cos \lambda - \mu \sin \lambda} \right)$$

$$W_{xG} = 94.614lb \left(\frac{\cos 14.41^\circ \sin 6.67^\circ + 0.026 \cos 6.67^\circ}{\cos 14.41^\circ \cos 6.67^\circ - 0.026 \sin 6.67^\circ} \right) = 13.647lb$$

$$W_{rG} = \frac{W_{tG} \sin \phi_n}{\cos \phi_n \cos \lambda - \mu \sin \lambda}$$

$$W_{rG} = \frac{(94.614lb)(\sin 14.41^\circ)}{\cos 14.41^\circ \cos 6.67^\circ - 0.026 \sin 6.67^\circ} = 24.553lb$$

- Fuerza de fricción.

$$W_f = \frac{\mu W_{tG}}{\cos \lambda \cos \phi_n} = \frac{(0.026)(94.614lb)}{\cos 6.67^\circ \cos 14.41^\circ} = 2.557lb$$

- Pérdida de potencia debido a la fricción.

$$P_L = \frac{v_s W_f}{33,000} = \frac{(657.344 \text{ pies} / \text{min})(2.557lb)}{33,000} = 0.051hp$$

- Potencia de entrada (P_i) y eficiencia (η).

$$T_o = \frac{WD_G}{2} = \frac{(94.614lb)(3.333 \text{ plg})}{2} = 157.674lb \cdot \text{plg}$$

$$P_o = \frac{T_o n_G}{63,000} = \frac{(157.674lb \cdot \text{plg})(87.5 \text{ rpm})}{63,000} = 0.219hp$$

$$P_i = P_o + P_L = 0.219hp + 0.051hp = 0.270hp$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} (100) = \frac{0.219hp}{0.270hp} (100) = 81.11\%$$

c) Durabilidad superficial del tornillo sinfín.

La carga tangencial calificada se da por la capacidad de los dientes, para operar sin daño significativo debido a la corrosión o al desgaste, mediante:

$$W_{tR} = C_s \cdot D_G^{0.8} \cdot F_e \cdot C_m \cdot C_v$$

El engrane será fabricado de bronce con manganeso C86200 fundido en arena de manera que para diámetros mayores de 2.5 plg se obtiene el factor de materiales (C_s) en:

Para el factor de corrección de relación (C_m) está dada para una relación de 20 a 76 donde m_G es igual a la relación de velocidad del reductor.

$$C_s = 1189.636 - 476.545 \log_{10}(D_G)^{0.5}$$

$$C_m = 1189.636 - 476.545 \log_{10}(3.333)^{0.5}$$

$$C_m = 940.48$$

$$C_m = 0.82$$

Y para el factor de velocidad (C_v) en condiciones de 0 a 700 pies/min tenemos:

$$C_v = 0.659e^{(-0.0011v_s)}$$

$$C_v = 0.659e^{(-0.0011(657.344))}$$

$$C_v = 0.32$$

Analizar el espesor de la cara del engrane de acuerdo a $F < 0.67D_w$ por lo tanto:

$$0.67(1.427) = 0.956$$

Como el espesor de la cara del engrane de 0.5 plg no excede, entonces se calcula la carga tangencial calificada, donde F_G es igual a F_e .

$$W_{tR} = (940.48)(3.333)^{0.8}(0.5)(0.82)(0.32) = 323.260lb$$

Se observa que el valor de la carga tangencial calificada de 323.260 lb es mayor que la carga tangencial real de 94.614 lb por lo tanto el diseño del mecanismo de tornillo sinfín y del gusano resulta satisfactorio.

3. Diseño de cadena.

La transmisión de cadena según Mott (1992), es recomendada para velocidades bajas, de manera que se empleará para este caso, ya que la velocidad de salida del reductor es de 87.5 rpm y la velocidad del eje que soporta el plástico es de 60.153 rpm por lo tanto la cadena se conectará del reductor al eje.

- La potencia de diseño está dada por la potencia del motor y el factor de servicio, obteniéndose un valor de 1.0 (apéndice C).

$$P_D = (1.0)(1.0) = 1hp$$

- Relación de velocidad.

$$RV = \frac{n_1}{n_2} = \frac{87.5}{60.153} = 1.5$$

- Para seleccionar la cadena (apéndice D) se toma como punto de referencia la rueda dentada pequeña. Así tenemos que para una velocidad de giro de 87.5 rpm y la potencia de diseño de 1 hp se genera una cadena número 40 con $\frac{1}{2}$ plg de paso.
- Relacionando en la tabla correspondiente al número de cadena se especifica que para 87.5 rpm y 1 hp se obtienen 24 dientes de la rueda dentada pequeña con una lubricación manual (apéndice E).
- Número de dientes de la rueda dentada grande.

$$N_2 = RV \cdot N_1 = (1.5)(24) = 36 \text{dientes}$$

- Velocidad de giro real del eje en el cual va la rueda dentada grande.

$$n_2 = n_1 \left(\frac{N_1}{N_2} \right) = 87.5 \left(\frac{24}{36} \right) = 58.333rpm$$

- Diámetro de paso de la rueda dentada pequeña (D_1) y rueda dentada grande (D_2).

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N_1}\right)} = \frac{0.5p \text{lg}}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{24}\right)} = 3.831p \text{lg}$$

$$D_2 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N_2}\right)} = \frac{0.5p \text{lg}}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{36}\right)} = 5.737p \text{lg}$$

- La longitud de la cadena se obtiene mediante una distancia central de 29 pasos como punto de referencia.

$$L_c = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

$$L_c = 2(29) + \frac{36 + 24}{2} + \frac{(36 - 24)^2}{4\pi^2 (29)} = 88 \text{ pasos}$$

- Distancia central teórica real.

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left(L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right)^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C = \frac{1}{4} \left[88 - \frac{36 + 24}{2} + \sqrt{\left(88 - \frac{36 + 24}{2} \right)^2 - \frac{8(36 - 24)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C = 28.937 \text{ pasos} = 28.937(0.5 \text{ plg}) = 14.468 \text{ plg}$$

4. Diseño de ejes.

Para diseñar los ejes se considera el peso del plástico de 94.614 lb (carga) que tendrá cada eje. La carga será uniformemente distribuida donde el ancho de la carga es de 35.5 plg (longitud de la bobina de cartón), así de esta forma se obtiene 2.665 lb/plg.

Se usará acero AISI 1040 rolado en caliente con una resistencia a la tracción (S_u) de 72,000 lb/plg² y resistencia a la cedencia (S_y) de 42,000 lb/plg² debido a que el diseño será para trabajo ligero por lo tanto se tomará un factor de diseño de 2. Por consiguiente se diseñará el eje que tendrá la rueda dentada grande (figura 4.3).

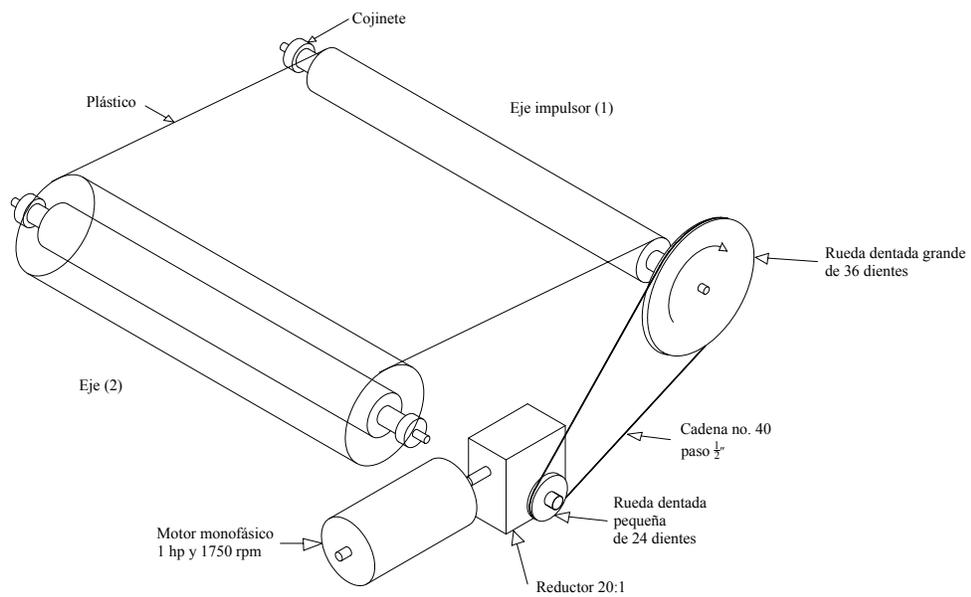
El eje será maquinado de modo que se obtiene (apéndice F) la resistencia por durabilidad (S_n) de 22,000 lb/plg² en condiciones de resistencia por tracción que se refiere al material utilizado como se mencionó anteriormente.

Tenemos que el factor de confiabilidad (C_R) resulta de 0.81 al tomar un 0.99 de seguridad del eje a diseñar (apéndice G). Por otra parte se necesita el factor de tamaño (C_s), donde se toma la expresión correspondiente para diámetros menores a 2 plg por lo que el eje no pasará de este rango.

$$C_s = \left(\frac{D}{0.3}\right)^{-0.068} = \left(\frac{2}{0.3}\right)^{-0.068} = 0.87$$

Calcular resistencia por durabilidad modificada.

$$S'_n = S_n C_s C_R = (22,000)(0.87)(0.81) = 15503 \text{ lb} / \text{plg}^2$$



Transmisión de los ejes.



Componentes del eje (1).

FIGURA 4.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DEL MECANSIMO PERFORADOR-

a) Diagrama de corte y momento flector.

Anteriormente se analizó en el diseño de cadenas, que la rueda dentada grande recibirá una velocidad de giro real de 58.333 rpm, y como se muestra en la figura 4.4 se determinan las fuerzas que actúan en el punto E.

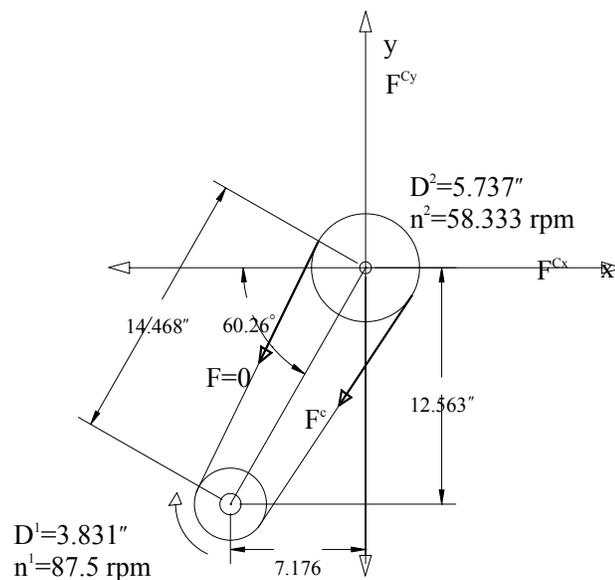


FIGURA 4.4 ANALISIS DE FUERZAS DE LA RUEDA DENTADA GRANDE.

$$T = \frac{63,000P}{n} = \frac{63,000(1hp)}{58.333rpm} = 1080lb \cdot plg$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{12.563}{7.176}\right) = 60.26^\circ$$

$$F_c = \frac{2T}{D_2} = \frac{2(1080lb \cdot plg)}{5.737plg} = 376.503lb$$

Fuerzas en el punto E (figura 4.5).

$$F_{cx} = F_c \cos\theta = (376.503lb)(\cos 60.26^\circ) = 186.770lb$$

$$F_{cy} = F_c \sen\theta = (376.503lb)(\sen 60.26^\circ) = 326.912lb$$

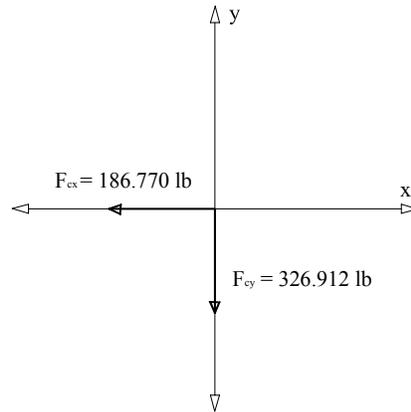


FIGURA 4.5 DIAGRAMA DE FUERZAS EN EL PUNTO E.

Posteriormente se analizan las fuerzas que actúan en cada plano

- Análisis del plano horizontal (figura. 4.6 a).

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ R_A - R_D + 186.770 &= 0 \\ R_A &= R_D - 186.770\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ -R_D(40.563) + 186.770(42.313) &= 0 \\ R_D &= 194.828lb\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_A &= 194.828 - 186.770 \\ R_A &= 8.058lb\end{aligned}$$

- Análisis del plano vertical (figura 4.6 b).

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - 2.665(35.5) + R_D - 326.912 = 0$$

$$R_A = 421.520 - R_D$$

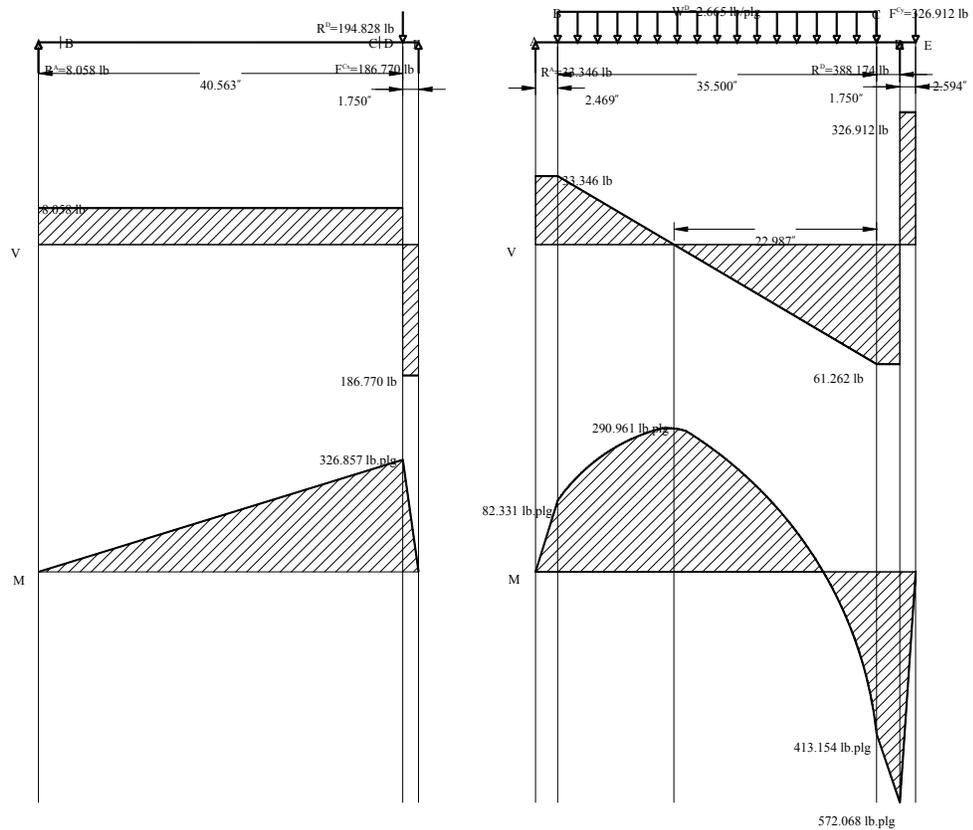
$$\sum M_A = 0$$

$$- 2.665(35.5)(20.219) + R_D(40.563) - 326.912(42.313) = 0$$

$$R_D = 388.174 \text{ lb}$$

$$R_A = 421.520 - 388.174$$

$$R_A = 33.346 \text{ lb}$$



a) Plano horizontal

b) Plano vertical

FIGURA 4.6 DIAGRAMAS DE CORTES Y MOMENTOS FLECTORES.

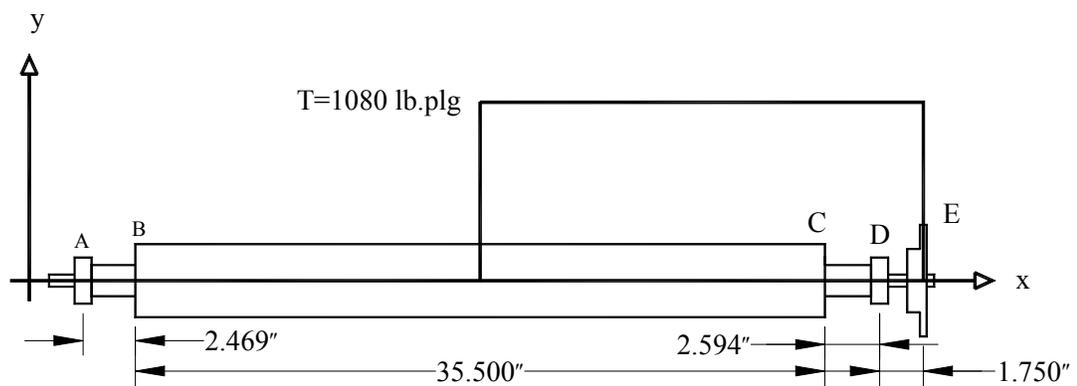


FIGURA 4.7 DIAGRAMA DE TORQUE EN EL EJE.

b) Determinación del diámetro del eje.

Para determinar el diámetro de cada punto del eje, es de acuerdo a la resultante de los diagramas de corte y momentos flectores que representa el análisis de cada plano (cuadro 4.3).

CUADRO 4.3 RESULTANTE DE CORTES Y MOMENTOS DE LOS PLANOS.

CORTE			
PUNTO	PLANO HORIZONTAL	PLANO VERTICAL	RESULTANTE
V _A	8.058 lb	33.346 lb	34.306 lb
V _D	8.058 lb	61.262 lb	61.790 lb
V _E	186.770 lb	326.912 lb	376.503 lb
MOMENTO			
	PLANO HORIZONTAL	PLANO VERTICAL	RESULTANTE
M _A	0	0	0
M _D	326.857 lb.plg	572.068 lb.plg	658.861 lb.plg
M _C	0	0	0

- En el punto A se tiene cojinete por lo que no existe torque ni momento por lo tanto se diseña con esfuerzo de corte.

$$\tau_d = \frac{0.577S_y}{N} = \frac{0.577(42,000)}{2} = 12117 \text{ lb} / \text{plg}^2$$

$$A = \frac{4V_A}{3\tau_d} = \frac{4(34.306)}{3(12117)} = 0.004 \text{ plg}^2$$

$$D_A = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(0.004)}{\pi}} = 0.071 \text{ plg}$$

Se observa un valor de 0.071 plg, para este caso se recomienda un diámetro del eje de $5/8$ plg.

- En el punto D se tiene un cojinete por lo que se utiliza un valor (k_t) de 2.5, sin embargo en este punto existe torque y momento (figura 4.7).

$$D_D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_t M_D}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D_D = \left[\frac{32(2)}{\pi} \sqrt{\left(\frac{(2.5)(658.861)}{15503} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{1080}{42,000} \right)^2} \right]^{1/3} = 1.303 \text{ plg}$$

Se determinó un diámetro de 1.303 plg ya que en este punto se encuentra el mayor momento del eje, se especifica un diámetro de $1\frac{3}{8}$ plg.

- En el punto E se cuenta con una rueda dentada que será mortada con anillos de sujeción que trabaja únicamente a cortadura, entonces se calcula el diámetro.

$$Z_p = \frac{T}{\tau_d} = \frac{1080}{12117} = 0.089 \text{ plg}^3$$

$$D_E = \sqrt[3]{\frac{16Z_p}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16(0.089)}{\pi}} = 0.768 \text{ plg}$$

El diámetro del eje es de 0.768 plg, para este punto se especifica a un diámetro de $\frac{7}{8}$ plg.

5. Diseño de cuñas.

Para todas las cuñas de la máquina se fabricarán de material AISI 1020 extruido en frío que tiene una resistencia a punto cedente (S_y) de 51,000 lb/plg² con un factor de diseño de 2 y un torque de 1080 lb.plg.

De esta manera se calcula la tensión de diseño para comprensión por lo que:

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} = \frac{51,000lb / plg^2}{2} = 25,500lb / plg^2$$

a) Cuña del eje y rueda dentada grande.

El eje cuenta con un diámetro de $\frac{5}{8}$ plg y de acuerdo a las características se obtiene una cuña cuadrada de $\frac{3}{16}$ plg (apéndice H). De esta manera se obtiene la longitud de la cuña a partir de la siguiente expresión:

$$L = \frac{4T}{\sigma_d DH} = \frac{4(1080lb \cdot plg)}{(25,500lb / plg^2)(0.625 plg)(0.1875 plg)}$$

$$L = 1.5 plg$$

b) Cuña del eje de salida del reductor y rueda dentada pequeña.

La especificación de la cuña es cuadrada de $\frac{1}{4}$ plg (apéndice H) que será colocada en un diámetro de $1 \frac{1}{8}$ plg del eje, unido a la rueda dentada pequeña por lo que se calcula la longitud de la cuña.

$$L = \frac{4(1080lb \cdot plg)}{(25,500lb / plg^2)(1.125 plg)(0.25 plg)} = 0.75 plg$$

c) Cuña del eje del motor y entrada del reductor con respecto al cople.

Los diámetros de ambos ejes son de $\frac{3}{4}$ plg que lleva una cuña cuadrada de $\frac{3}{16}$ (apéndice H) plg entonces se obtiene:

$$L = \frac{4(1080lb \cdot plg)}{(25,500lb / plg^2)(0.75plg)(0.1875plg)} = 1.25plg$$

6. Diseño del cople.

Es el elemento por el cual unirá los ejes del motor y del reductor que transmite potencia, torque y velocidad de giro hacia todos los componentes de la máquina, donde se seleccionó (apéndice I) un cople tipo mordaza de la serie universal ML070 con su respectivo elemento buna-N SRL070. El cople va colocado a un diámetro de $\frac{3}{4}$ plg en los ejes.

D. COSTOS.

Para la construcción de la máquina se requiere del costo de todos sus componentes de que están formados y la mano de obra. El diseño resulta ser sencillo por lo que genera materiales fáciles de encontrar en el mercado y así como el acceso a talleres o laboratorios específicos para la construcción o armado de la máquina.

En el cuadro 4.4 se muestra una lista del costo del material utilizado, así como el costo total obtenido.

CUADRO 4.4 COSTO DEL MATERIAL Y COSTO TOTAL.

DESCRIPCION	MEDIDA	CANTI DAD	COSTO TOTAL
PTR	1 x 1 ∇ calibre 14	4 pzas (6 m c/u)	230.80

Placa ASTM A-36	30 x 15 x $\frac{1}{4}$ "	14 kg	72.80
Placa ASTM A-36	10 x 10 x $\frac{1}{8}$ "	3 kg	9.00
Cercha	1 x $\frac{1}{4}$ "	1 m	7.20
Acero cuadrado	$\frac{1}{4}$ x $\frac{1}{4}$ "	50 cm	5.90
Acero cuadrado	$\frac{3}{8}$ x $\frac{3}{8}$ "	50 cm	6.20
Acero redondo	$\frac{1}{8}$ " Ø	50 cm	5.10
Tubo	1 $\frac{1}{2}$ " Ø cédula 40	1 m	18.30
Cuña	$\frac{3}{16}$ x $\frac{3}{16}$ "	50 cm	4.50
Cuña	$\frac{1}{4}$ x $\frac{1}{4}$ "	50 cm	6.20
Tabla	6 x 1"	1.25 m	21.00
Motor monofásico	$\frac{1}{2}$ hp (1750 rpm)	1 pza	814.40
Reductor de velocidad	20:1	1 pza	3100.00
Cadena	No. 40, $\frac{1}{2}$ " paso	88 pasos	109.30
Rueda dentada pequeña	24 dientes	1 pza	116.10
Rueda dentada grande	36 dientes	1 pza	156.80
Balero NTN 1L040	$\frac{5}{8}$ " Ø	4 pzas	260.00
Cople de mordaza	$\frac{3}{4}$ " Ø	1 pza	72.70
Tornillo con tuerca	$\frac{1}{4}$ x $\frac{3}{4}$ "	4 pzas	3.00
Tornillo con tuerca	$\frac{1}{4}$ x 2 $\frac{1}{2}$ "	4 pzas	4.00
Tornillo con tuerca	$\frac{1}{4}$ x 1 $\frac{1}{2}$ "	24 pzas	19.20
Chumacera	1 $\frac{3}{8}$ " Ø	4 pzas	180.00
Reductor de diámetro	1 $\frac{5}{8}$ " Ø	4 pzas	100.00
Acoplamiento	1 $\frac{19}{32}$ " Ø	2 pzas	120.00
Freno de caucho	$\frac{7}{8}$ " Ø	1 pza	55.00
Perforador	1" Ø	1 pza	25.00
Perforador	1 $\frac{1}{2}$ " Ø	1 pza	27.00
Perforador	2" Ø	1 pza	30.00
Perforador	2 $\frac{1}{2}$ " Ø	1 pza	35.00
Solenoide	115 volts	1 pza	235.40
Potenciómetro	115 volts	1 pza	39.90
Resistencia	150° C	1 pza	33.70
Tubo hueco enroscado	1 $\frac{1}{8}$ " Ø	1 pza	10.20
Tubo hueco enroscado	$\frac{7}{8}$ " Ø	1 pza	15.10
SUB TOTAL			5948.80
Mano de obra			680.00

TOTAL			6628.80
--------------	--	--	----------------

E. FUNCIONAMIENTO.

El mecanismo perforador de plástico trabajará con corriente eléctrica de 115 volts que hará funcionar al mismo tiempo el motor y el sistema de perforación, al momento de hacer contacto con la energía eléctrica.

Antes de hacer funcionar la máquina se calibra en el tablero de control el distanciamiento entre orificios que lleva un rango de 15 a 50 cm según las necesidades de los cultivos (cuadro 3. 3) y determinar el diámetro de perforación utilizando el perforador adecuado donde se quita el tornillo y se sustituye por otro de diámetro diferente.

Después de calibrar la máquina, se tendrá a la mano el rollo de plástico y una bobina de cartón sin plástico. De esta forma se quitan los dos ejes de la estructura, quitando los tornillos de ambas chumaceras de cada eje, después se coloca la bobina de cartón al eje motriz y el rollo de plástico al siguiente eje, de modo que se sujetan a los ejes con dos reductores de diámetro en ambos extremos de cada bobina y posteriormente se fija con un acoplamiento en cada eje en forma enroscada, al término de igual forma se colocan a la estructura.

En seguida se pasa el plástico entre el perforador y la tabla (deslizamiento del plástico) hasta sujetarlo a la bobina de cartón, posteriormente se darán dos o tres vueltas para evitar que el plástico se desprenda de la bobina, al momento de iniciar la perforación.

Teniendo la colocación del plástico y la calibración se procede a accionar el mecanismo perforador. Una sola persona se encargará de operar la máquina hasta el término de la perforación de manera que se apaga la máquina para poder quitar el rollo de plástico ya perforado.

VI. DISCUSION.

El uso del mecanismo perforador de plástico es eficiente para pequeños productores que tienen cultivos menores de cinco hectáreas, debido a que es una máquina pequeña apto para hacer perforaciones de 8 rollos por día.

La perforación del plástico se logra por el calentamiento del perforador que hace la perforación circularmente adecuada y uniforme, suprimiendo el desgarre y rompimiento del plástico que con el método tradicional.

Cuando el rollo de plástico queda perforado, tiene la ventaja de colocarse a una máquina acolchadora, enganchada a los tres puntos del tractor evitando así la mano de obra dentro del terreno y más tiempo de trabajo.

Al usar esta máquina se hace un ahorro en combustible y menos pasos del tractor dentro del terreno, ya que el mecanismo perforador de plástico es portátil que se puede trasladar de un lado a otro, para tener un trabajo adecuado y cómodo fuera del terreno.

Por conveniencia resulta ser más económico al usar este mecanismo perforador de plástico para superficies pequeñas, que con una máquina integradora que se emplea en superficies grandes. Generalmente para el acolchado existen máquinas que solamente colocan el plástico y en seguida se perfora por otra máquina o manualmente.

El diseño propuesto se ajusta a plásticos de 90 cm de ancho que en lo común son los más usuales para el acolchado de los cultivos.

La hipótesis señalada si es aceptada, ya que está sujeta a las características del diseño de la máquina.

VII. CONCLUSIONES.

De acuerdo al objetivo planteado se obtuvo un diseño atractivo de la máquina, logrando cubrir las necesidades del productor del agro mexicano por lo tanto se espera mejorar con dicho diseño la tecnología de aplicación del plástico a la agricultura.

Se diseñó por el método del QFD que respecta al análisis de cada una de las partes que forman la máquina en función a las necesidades que se esperan obtener, como se muestra en el cuadro 7.1.

CUADRO 7.1 RESULTADOS OBTENIDOS DEL DISEÑO (METODO DEL QFD).

FUNCION	RESULTADO
Desarmar fácil	Se desarma fácil
Desarmar rápido	Se desarma rápido
Armar fácil	Se arma fácil
Armar rápido	Se arma rápido
Silencioso	No tiene ruido
Liviano	El peso es moderado de 58 kg
Que sea móvil	Es portátil
Bajo costo	Su costo es de 6628.80 pesos
Poco mantenimiento	Su mantenimiento es sencillo
Ajuste sencillo	Tiene ajuste sencillo
Estético	El diseño es agradable
Quepa en pick up	Sus dimensiones se adapta a una pick up
Que dure	Tiene una vida útil rígida y durable
Use piezas estándares	Las piezas son estándares
No vibre	No tiene vibración
Operación sencilla	Tiene facilidad de operación
Que sea productivo	El rendimiento es de 8 rollos por día
Que sea seguro	Hace la perforación segura y precisa
Preciso para perforar	Tiene calibración para una perforación adecuada

Cada componente o mecanismo está diseñado de la forma más conveniente y estandarizado de sus piezas de modo que sea preciso y seguro al momento del montaje y armado de la máquina.

El sistema de perforación es un dispositivo eléctrico que permite calibrar la distancia entre orificios mediante un potenciómetro y el diámetro de perforación por repuestos de perforadores de varios tamaños, dependiendo de los requerimientos del cultivo.

La operación de la máquina resulta ser sencilla, con una sola persona se hará cargo de operarla desde colocar el plástico hasta quitarlo de la máquina ya perforado. La máquina es estacionaria que se puede ubicar en un lugar adecuado con toma de corriente para ser operada.

Los cuidados se refieren a la lubricación de la cadena y del reductor para su buen funcionamiento, así como checar constantemente cada una de sus partes que están en movimiento, para ver si no presentan desgaste alguno. En la operación se tendrá cuidado la colocación correcta del plástico para evitar desperfectos del plástico o la máquina, y de que esté funcionando correctamente para evitar daños graves.

Cabe mencionar que el diseño puede tener modificaciones para investigaciones futuras, debido a que existen diversas formas de adaptar el sistema de perforación que se llega al mismo fin de perforación del plástico. Este diseño es un principio de perforación del plástico que se aplica fuera del terreno, con lo que respecta obtener un implemento mejor para una buena aplicación a la agricultura considerando la problemática del sector agrícola.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

- AMIA. 1992. Memorias del II Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. Universidad de Guanajuato, Irapuato, Guanajuato, México.
- AMIA. 1994. Memorias del IV Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, México.
- AMIA. 1997. Memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. U. A. A. A. N., Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Askeland, D. R. 1987. La ciencia e ingeniería de los materiales. Ed. Iberoamérica. México.
- CIQA. 1997. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. Semana de Horticultura. U. A. A. A. N., Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Chavana, M. A. V. 1992. Adaptación de un sistema de siembra-perforación a una máquina acolchadora para plástico. Tesis de Licenciatura. U. A. A. A. N., Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Hernández, F. C. 1994. Productividad del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en condiciones de acolchado y fertilización carbónica y tres cintas de riego por goteo. Tesis de Licenciatura. U. A. A. A. N., Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Ibarra, L. J. y Rodríguez, A. P. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. 1ª ed. Ed. Limusa. C. I. Q. A., Saltillo, Coahuila, México.

Mott, R. L. 1995. Diseño de elementos de máquinas. 2ª ed. Ed. Prentice Hall. México.

Papaseit, P. 1997. Los plásticos y la agricultura. Ediciones de horticultura, S. L. España.

Peña, M. E. L. 1996. Importancia del uso de plásticos en la producción de cultivos hortícolas. Monografía. U. A. A. A. N., Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

PRONAPA. 1988. Uso de las películas de plástico como arropado del suelo para la producción agrícola. Memorias. Gómez Palacio, Durango, México.

Robledo, F. P. y Martín L. V. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. 2ª ed. Ed. Mundi- Prensa. España.

Santiago, J. y Randolph A. 1996. Productores de hortalizas. Revista mensual de octubre.

Shigley, J. E. y Mischke, C. R. 1990. Diseño en ingeniería mecánica, 5ª ed. Ed. Mc Graw-Hill. México.

Shigley, J. E. y Mitchell, L. D. 1989. Diseño en ingeniería mecánica. 4ª ed. Ed. Mc Graw-Hill. México.

Ullman, D. G. 1992. The mechanical design process. Ed. Mc Graw-Hill. Singapore. Oregon State University.

i-a) <http://www.tpagro.com/>

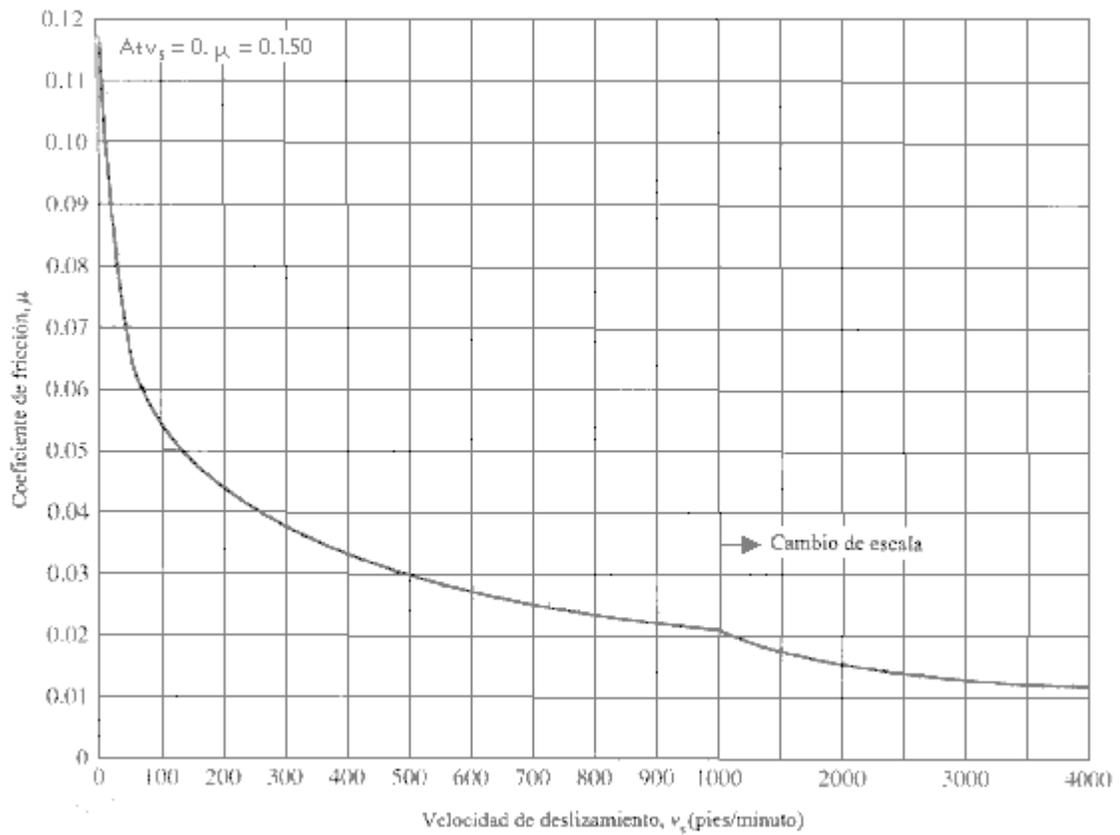
i-b) <http://www.hecchiemagli.com/>

i-c) <http://www.egmasa.es/>

i-d) <http://members.aol.com/KenncoMfg/>

APENDICE B.

COEFICIENTE DE FRICCION CONTRA VELOCIDAD DE DESLIZAMIENTO PARA GUSANO DE ACERO Y TORNILLO SINFIN DE BRONCE.



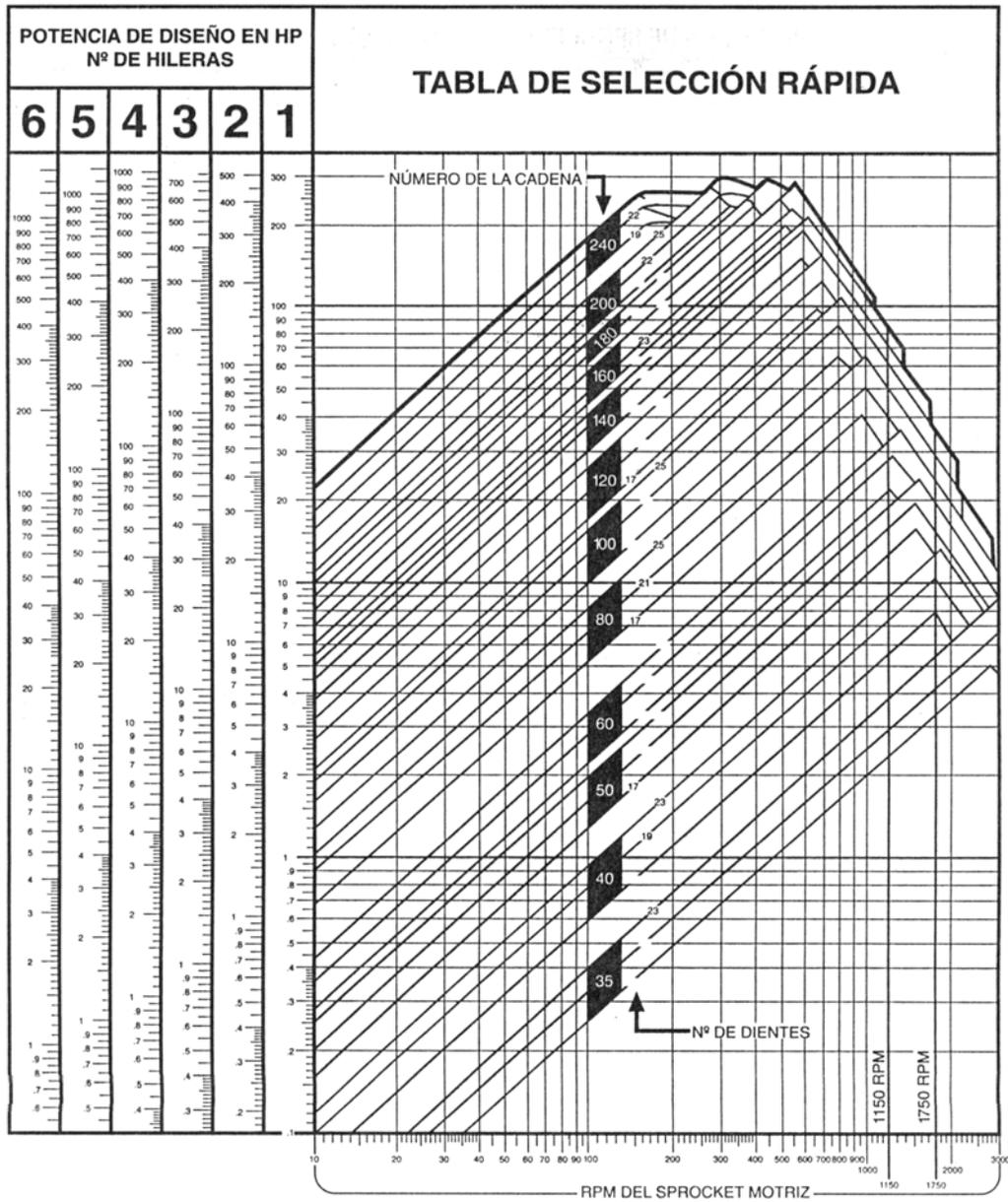
APENDICE C.

FACTORES DE SERVICIO PARA IMPULSORES DE CADENA.

TIPO DE CARGA	TIPO DE IMPULSOR		
	IMPULSOR HIDRAULICO	MOTOR ELECTRICO O TURBINA	MOTOR DE COMBUSTION INTEGRAL CON IMPULSOR MECANICO
LIGERA Agitadores, ventiladores, transportadores que se someten a la acción uniforme de cargas ligeras.	1.0	1.0	1.2
CHOQUE MODERADO Herramientas mecánicas, grúas, transportadores pesados, mezcladoras y molidoras de alimentos.	1.2	1.3	1.4
CHOQUE PESADO Prensas de punzón, molinos de martillo, transportadores recíprocos, impulsor de molino giratorio.	1.4	1.5	1.7

APENDICE D.

TABLA DE SELECCIÓN DE CADENA.



APENDICE E.

**ESPECIFICACION DE CADENA ESTANDAR DE TRAMO UNICO NUMERO
40, PASO DE ½.**

X	REVOLUCIONES POR MINUTO DE LA RUEDA DENTADA MENOR																
	50	100	200	400	500	700	900	1200	1800	2400	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000
11	0.23	0.43	0.80	1.50	1.83	2.48	3.11	4.63	4.66	3.03	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50
12	0.25	0.47	0.88	1.65	2.01	2.73	3.42	5.09	5.31	3.45	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57
13	0.28	0.52	0.96	1.80	2.20	2.97	3.73	5.55	5.99	3.89	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.64
14	0.30	0.56	1.04	1.95	2.38	3.22	4.04	6.01	6.70	4.35	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.71
15	0.32	0.60	1.12	2.10	2.56	3.47	4.35	6.47	7.43	4.82	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.79
16	0.35	0.65	1.20	2.25	2.75	3.72	4.66	6.94	8.18	5.31	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	1.07	0.87
17	0.37	0.69	1.29	2.40	2.93	3.97	4.98	7.41	8.96	5.82	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	1.17	0.96
18	0.39	0.73	1.37	2.55	3.12	4.22	5.30	7.88	9.76	6.34	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	1.27	-
19	0.42	0.78	1.45	2.71	3.31	4.48	5.62	8.36	10.5	6.88	4.92	3.91	3.20	2.29	1.74	1.38	-
20	0.44	0.82	1.53	2.86	3.50	4.73	5.94	8.83	11.1	7.43	5.31	4.22	3.45	2.47	1.88	1.49	-
21	0.46	0.87	1.62	3.02	3.69	4.99	6.26	9.31	11.7	7.99	5.72	4.54	3.71	2.66	2.02	1.60	-
22	0.49	0.91	1.70	3.17	3.88	5.25	6.58	9.79	12.3	8.57	6.13	4.87	3.98	2.85	2.17	1.72	-
23	0.51	0.96	1.78	3.33	4.07	5.51	6.90	10.3	12.9	9.16	6.55	5.20	4.26	3.05	2.32	1.84	-
24	0.54	1.00	1.87	3.48	4.26	5.76	7.23	10.8	13.5	9.76	6.99	5.54	4.54	3.25	2.47	1.96	-
25	0.56	1.05	1.95	3.64	4.45	6.02	7.55	11.2	14.1	10.4	7.43	5.89	4.82	3.45	2.63	-	-
26	0.58	1.09	2.04	3.80	4.64	6.28	7.88	11.7	14.7	11.0	7.88	6.25	5.12	3.66	2.79	-	-
28	0.63	1.18	2.20	4.11	5.03	6.81	8.54	12.7	15.9	12.3	8.80	6.99	5.72	4.09	3.11	-	-
30	0.68	1.27	2.38	4.43	5.42	7.33	9.20	13.7	17.2	13.6	9.76	7.75	6.34	4.54	3.45	-	-
32	0.73	1.36	2.55	4.75	5.81	7.86	9.86	14.7	18.4	15.0	10.8	8.64	6.99	5.00	-	-	-
35	0.81	1.50	2.81	5.24	6.40	8.66	10.9	16.2	20.3	17.2	12.3	9.76	7.99	5.76	-	-	-
40	0.93	1.74	3.24	6.05	7.39	10.0	12.5	18.7	23.4	21.0	15.0	11.9	9.76	6.99	-	-	-
45	1.06	1.97	3.68	6.87	8.40	11.4	14.2	21.2	26.6	25.1	17.9	14.2	11.7	-	-	-	-
	TIPO A			TIPO B						TIPO C							

X = NUMERO DE DIENTES DEL SPROCKET MENOR

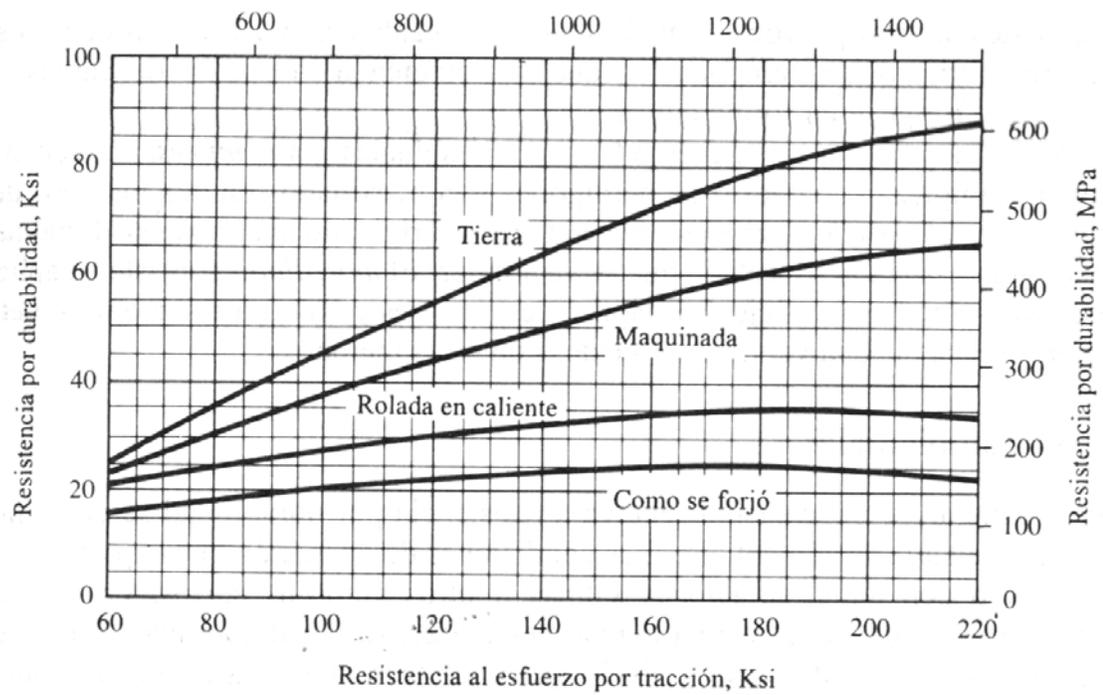
Tipo A Lubricación manual.

Tipo B Lubricación de baño o disco.

Tipo C Lubricación de chorro de aceite.

APENDICE F.

TENSION POR DURABILIDAD CONTRA RESISTENCIA AL ESFUERZO POR TRACCION PARA ACERO FORJADO PARA VARIAS CONDICIONES SUPERFICIALES.



APENDICE G.

FACTOR DE CONFIABILIDAD, C_R .

CONFIABILIDAD QUE SE DESEA	FACTOR DE CONFIABILIDAD, C_R
0.50	1.00
0.90	0.90
0.99	0.81

0.999	0.75
-------	------

APENDICE H.

TAMAÑO DE CUÑA CONTRA TAMAÑO DEL EJE.

DIÁMETRO NOMINAL DEL EJE		TAMAÑO NOMINAL DE LA CUÑA		
MAS DE	HASTA	ESPESOR, W	ALTURA, H	
			CUADRADA	RECTANGULAR
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	-
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{7}{8}$	$1 \frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
$1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$
$1 \frac{3}{8}$	$1 \frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$
$1 \frac{3}{4}$	$2 \frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$
$2 \frac{1}{4}$	$2 \frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$
$2 \frac{3}{4}$	$3 \frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
$3 \frac{1}{4}$	$3 \frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{8}$
$3 \frac{3}{4}$	$4 \frac{1}{2}$	1	1	$\frac{3}{4}$
$4 \frac{1}{2}$	$5 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$
$5 \frac{1}{2}$	$6 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{2}$	1
$6 \frac{1}{2}$	$7 \frac{1}{2}$	$1 \frac{3}{4}$	$1 \frac{3}{4}$	$1 \frac{1}{2}$
$7 \frac{1}{2}$	9	2	2	$1 \frac{1}{2}$
9	11	$2 \frac{1}{2}$	$2 \frac{1}{2}$	$1 \frac{3}{4}$

11	13	3	3	2
13	15	3 ½	3 ½	2 ½
15	18	4	-	3
18	22	5	-	3 ½
22	26	6	-	4
26	30	7	-	5

APENDICE I.

TABLA DE SELECCION DE COPLE DE MORDAZA.

NO. DE CATALOGO	DIÁMETRO DE MAZA	LARGO TOTAL	DISTANCIA ENTRE MAZAS	LARGO DE BARRENOS	BARRENO		PESO (Lbs)
					MIN.	MAX.	
ML035	$\frac{5}{8}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{8}$	0.07
MS050	$1 \frac{1}{16}$	$1 \frac{23}{32}$	$\frac{15}{32}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}$	0.13
MS070	$1 \frac{3}{8}$	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	0.25
MS075	$1 \frac{3}{4}$	$2 \frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$	0.44
MS090	$2 \frac{1}{8}$	$2 \frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{1}{4}$	$1 \frac{1}{8}$	0.69
MS095	$2 \frac{1}{8}$	$2 \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{7}{16}$	$1 \frac{1}{8}$	0.84
MS099	$2 \frac{17}{32}$	$2 \frac{7}{8}$	$\frac{3}{4}$	$1 \frac{1}{16}$	$\frac{1}{2}$	$1 \frac{3}{8}$	1.19
MS100	$2 \frac{17}{32}$	$3 \frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$1 \frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$1 \frac{3}{8}$	1.47
MS110	$3 \frac{5}{16}$	$4 \frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$	$1 \frac{11}{16}$	$\frac{1}{2}$	$1 \frac{5}{8}$	3.20
MS150	$3 \frac{3}{4}$	$4 \frac{1}{2}$	1	$1 \frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$1 \frac{7}{8}$	4.50
MS190	$4 \frac{1}{2}$	$5 \frac{1}{4}$	1	$2 \frac{1}{8}$	$\frac{3}{4}$	$2 \frac{1}{8}$	8.25
MS225	5	6	1	$2 \frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$2 \frac{5}{8}$	12.00

