



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO DE UN EQUIPO ORDENADOR
DE LISOS PARA TELAR**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

EN EL AREA MECANICA

P R E S E N T A:

Federico Trejo O'Reilly
1993/12/14

FEDERICO TREJO O'REILLY

ASESOR: M. EN I. VICENTE BORJA RAMIREZ

MEXICO, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE:

- 1- Introducción.
- 2- Objetivo y alcances del presente trabajo.
- 3- Antecedentes:
 - 3.1- Presentación del problema.
 - 3.2- Lisos.
 - 3.3- Empresa.
 - 3.4- Trabajo previo a Enero de 1992.
 - 3.5- Situación a principios de 1992.
- 4- Análisis del problema:
 - 4.1- Información comercial.
 - 4.2- Requerimientos por parte de los clientes de la EMPRESA.
 - 4.3- Requerimientos por parte de la EMPRESA.
 - 4.4- Especificaciones de los lisos.
 - 4.5- Conclusiones del análisis del problema.
- 5- Características del proyecto:
 - 5.1- Objetivo.
 - 5.2- Alcances.
 - 5.3- Especificaciones.
 - 5.4- Restricciones de tiempo y recursos.
- 6- Diseño Conceptual:
 - 6.1- Sistemas de la máquina.
 - 6.2- Diagrama Causa-Efecto.
 - 6.3- Sistema crítico y subsistemas.
 - 6.4- Alternativas de solución del sistema crítico.
 - 6.5- Evaluación y selección de opciones del sistema crítico.
 - 6.6- Alternativas y selección de subsistemas.
- 7- Diseño de detalle:
 - 7.1- Norma de lisos doblados.
 - 7.2- Sistema crítico.
 - 7.3- Configuración.
 - 7.4- Cálculos.
 - 7.5- Información comercial.
 - 7.6- Planos.
- 8- Resultados y Conclusiones:
 - 8.1- Originalidad.
 - 8.2- Metodología de trabajo.
 - 8.3- Aportaciones.
 - 8.4- Mérito técnico.
 - 8.5- ¿Qué se logró de lo esperado?
 - 8.6- Acciones futuras.
 - 8.7- Recomendaciones.
 - 8.8- Valor de la creatividad.
- 9- Bibliografía.
- 10- Anexos:
 - a- Anexo A (dibujos de las principales piezas diseñadas para el prototipo).
 - b- Anexo CCC (fotos y piezas de modelos).
 - c- Anexo R.G. (análisis dinámico de la Rueda de Ginebra).

1- INTRODUCCION:

La presente tesis está vinculada con el diseño en Ingeniería.

El diseño en general es una actividad muy importante y que se presenta de manera inherente en muchos empresarios y gente emprendedora. El estudio de los procesos creativos y de diseño es fundamental para lograr una buena adaptación al mundo (competitivo y cambiante).

Son conocidos en distintos ámbitos casos en los que tecnologías innovadoras desplazan a empresas y sistemas establecidos. No debemos tomar a la ligera el poder de las ideas por absurdas que estas puedan parecer y por el contrario debemos de abrir nuestra mente y alma a la diversidad de alternativas de diseño que se lleguen a presentar. Es importante también no perderse en la creatividad infinita ya que aterrizar y materializar ideas buscando armonía y equilibrio con los parámetros y variables conocidos es necesario.

En el presente trabajo se ilustra una problemática de diseño mecánico en el México industrial actual (con las implicaciones de obsolescencia y falta de organización INDUSTRIA-UNIVERSIDAD que en muchos aspectos existen).

2- OBJETIVO Y ALCANCES:

El objetivo del presente trabajo es presentar una problemática industrial actual en México, y proponer una solución, a través del desarrollo de un prototipo mecánico.

Los alcances de esta tesis son presentar el trabajo realizado para la obtención del prototipo en cuestión, hasta la fase de diseño de detalle.

3- ANTECEDENTES:

El Centro de Diseño Mecánico de la U.N.A.M. (CDM) desarrolla prototipos para resolver problemas industriales en México.

Una empresa mexicana a la que denominaremos EMPRESA, por razones de confidencialidad, solicitó al CDM le resolviese una dificultad técnica en uno de sus equipos de troquelado. Dicha problemática se había intentado resolver en el pasado por parte de ingenieros japoneses y por parte de ingenieros mexicanos, sin éxito.

La EMPRESA se dedica a la fabricación de peines lisos y marcos para telares.

3.1- PRESENTACION DEL PROBLEMA:

La problemática en cuestión consiste en ensartar elementos mecánicos denominados lisos, de manera automática, para obtener un costo de producción competitivo en el mercado actual.

Debido a la gran variedad de lisos existentes en el mercado mundial, se presenta a continuación una explicación más detallada de los mismos.

3.2- LISOS:

Los lisos son elementos mecánicos utilizados en la industria textil; y cuentan con tres ojales: dos localizados en los extremos del eje longitudinal y uno localizado cerca del centro de dicho eje.

La figura 3.1 y la figura 3.2 ilustran un liso sin bayoneta y con bayoneta así como sus elementos constitutivos.

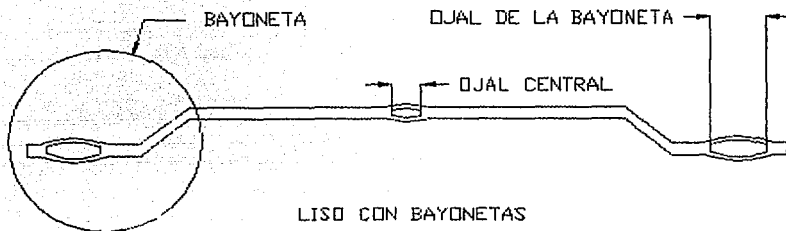
El ojal central de un liso sirve para guiar hilos en los telares, y debe de estar pulido para evitar cortar y dañar el hilo en uso.

Los lisos de interés para el presente desarrollo son los que cuentan con bayonetas.



LISO SIN BAYONETA

fig 3.1



LISO CON BAYONETAS

fig 3.2

En el capítulo 4, ANALISIS DEL PROBLEMA, se presenta un estudio más detallado de lisos con bayoneta.

3.3- EMPRESA:

Como se ha mencionado anteriormente, la EMPRESA se dedica a fabricar elementos mecánicos útiles para el buen funcionamiento de los telares, y parte de su producción es de lisos.

Actualmente existen en la EMPRESA sistemas que ensartan lisos sin bayoneta, pero la problemática de ensartar lisos con bayoneta no se ha podido resolver y es de la que nos ocuparemos a lo largo de la presente tesis.

3.4- TRABAJO PREVIO A ENERO DE 1992:

Durante 1991, el C.D.M. desarrolló un prototipo para resolver

la problemática presentada por la EMPRESA. Dicha problemática se explica en el capítulo 4.

El prototipo desarrollado durante 1991 no tuvo éxito por diversas razones entre las cuales se pueden enlistar las siguientes:

- a) No se realizaron experimentaciones lo suficientemente extensas con modelos, que manifestaran el éxito o fracaso de los principios de funcionamiento en los que se basó la solución.
- b) El desarrollo se apoyó en información empírica del dueño de la EMPRESA en cuanto al comportamiento de los lisos.
- c) Se pensó que la solución debería ser algo parecido a los sistemas que ensartan lisos sin bayoneta que actualmente funcionan en la EMPRESA, lo cual provocó restricciones innecesarias.

El trabajo realizado durante 1991, ayudó a conocer un poco mejor el comportamiento de los lisos.

3.5- SITUACION A PRINCIPIOS DE 1992:

En enero de 1992, se contaba con un gran problema. La EMPRESA había invertido recursos económicos sin obtención de resultados tangibles en cuanto a producción de lisos duplex ensartados automáticamente, y el CDM había invertido recursos humanos y económicos, obteniendo experiencia en el manipuleo de lisos y un conocimiento más profundo de la problemática.

Se presentaron dos alternativas:

- a) El problema no tiene solución; por tanto no continuar.
- b) El problema sí tiene solución; por tanto continuar y aprovechar los recursos invertidos.

Se habló con el dueño de la EMPRESA, y se acordó que el CDM realizaría un análisis a corto plazo de la problemática existente, para visualizar una posible solución buscando aprovechar las inversiones previas de ambas partes.

4- ANALISIS DEL PROBLEMA:

4.1- INFORMACION COMERCIAL:

Se llevó a cabo una investigación para determinar si existían o no en el mercado equipos que ensartasen de manera alternada y automática lisos con bayoneta (también llamados duplex) o no. En caso de que existiesen máquinas comerciales, se pensó en aprovechar dichas tecnologías para resolver de manera rápida y real el problema de la EMPRESA.

Como resultado de la investigación comercial se encontró lo siguiente:

- a) No existen equipos comerciales que se puedan comprar o adaptar para ensartar lisos duplex de manera alternada y automática.
- b) Existen muy pocas fábricas de lisos en el mundo, por lo que cada compañía desarrolla su propia tecnología para producción y ensartado de lisos.
- c) En México existen solamente dos empresas que fabrican lisos, y una es el cliente del Centro de Diseño Mecánico (EMPRESA). La EMPRESA conoce a sus competidores Mexicanos y sabe que copiaron una máquina de ensartado alternado de lisos duplex a una compañía de E.U.A., con la cual estuvieron asociados temporalmente.
- d) En Alemania, Japón, Suiza, Inglaterra, etc., se desarrollan tecnologías que cuentan con variantes entre sí, por lo que una máquina ensartadora no será igual a otro equipo desarrollado en otra empresa o nación.

Como conclusión de la investigación comercial tenemos:

No hay información de referencia en cuanto a como ensartar lisos duplex automáticamente, pero se sabe que existen soluciones para dicho problema las cuales cuentan con variantes, dependiendo de la empresa que que haya llevado a cabo el desarrolló tecnológico correspondiente.

4.2- REQUERIMIENTOS POR PARTE DE LOS CLIENTES DE LA EMPRESA:

Los clientes de la EMPRESA son los fabricantes de telas. Los

lisos que utilizan los telares se colocan en unas piezas mecánicas denominadas marcos. En los marcos se ensamblan lisos, previamente ensartados en los ojales de los extremos. Por los ojales centrales pasan los hilos del telar.

Al utilizar lisos duplex acomodados alternadamente y ensamblados o ensartados en los marcos, el número de hilos que se puede manejar por unidad de longitud del marco es mayor que si se ensartasen de manera no alternada.

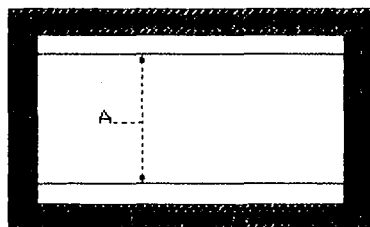
El manejar lisos ensartados alternadamente es requerimiento de los clientes de la EMPRESA, para poder obtener telas con mayor densidad de hilos.

¿Por qué es necesario que la EMPRESA entregue lisos duplex ensartados alternadamente en agujas a sus clientes?

Es necesario que la EMPRESA entregue al cliente paquetes de lisos duplex ensartados alternadamente, ya que durante el ensamblado del marco con lisos, el proceso de ensartado de lisos en el marco se realiza de la siguiente manera:

Las agujas en las que vienen ensartados los lisos duplex, se acoplan a las agujas definitivas de los lisos; agujas ubicadas en los marcos. Una vez acopladas las agujas del paquete de lisos a las agujas de los marcos, se empujan los lisos hacia el marco, como se ve en la secuencia de figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5, obteniendo finalmente un marco con lisos duplex alternados (figura 4.6), en un tiempo y costo adecuados.

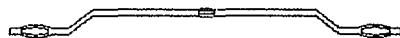
MARCO:



A = AGUJAS DEFINITIVAS PARA LISOS EN LOS MARCOS

fig 4.1

LISO DUPLEX



DOS LISOS DUPLEX ACOMODADOS DE MANERA ALTERNADA.

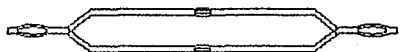
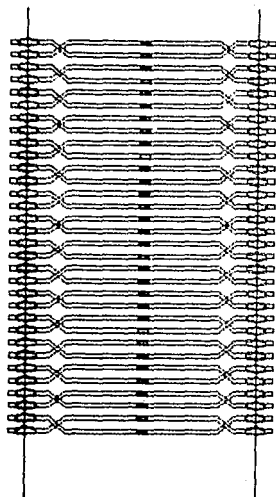


fig 4.2



GRAN NUMERO DE LISOS DUPLEX
ACOMODADOS ALTERNADAMENTE
EN AGUJAS PARA PAQUETES DE
LISOS

fig 4.3

PAQUETE DE LISOS ACOPLADO AL MARCO
EN DONDE QUEDARAN INSTALADOS DE
MANERA DEFINITIVA.

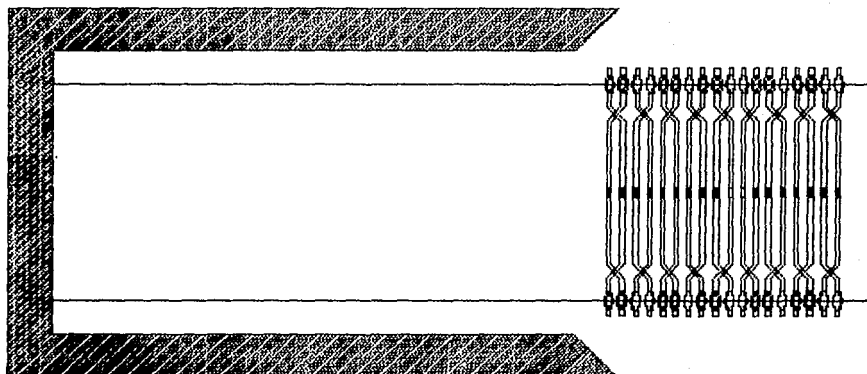


fig 4.4

ENSAMBLADO DE LISOS Y MARCO.

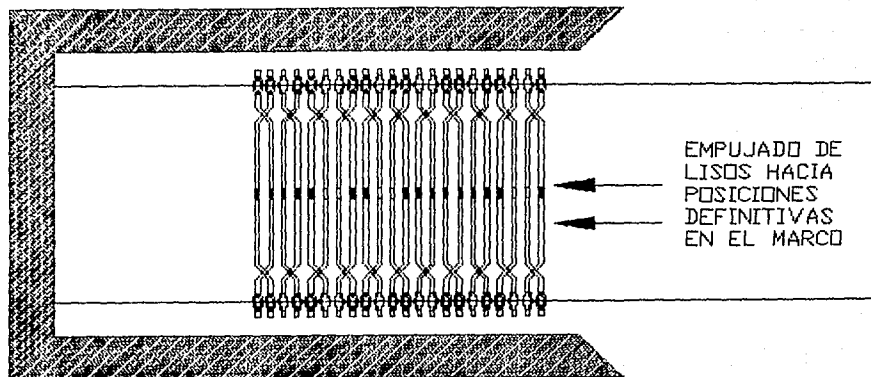


fig 4.5

Finalmente se llega a un marco ensamblado con lisos duplex como el que se muestra en la figura 4.6.

MARCO Y LISOS ENSAMBLADOS DE MANERA DEFINITIVA.

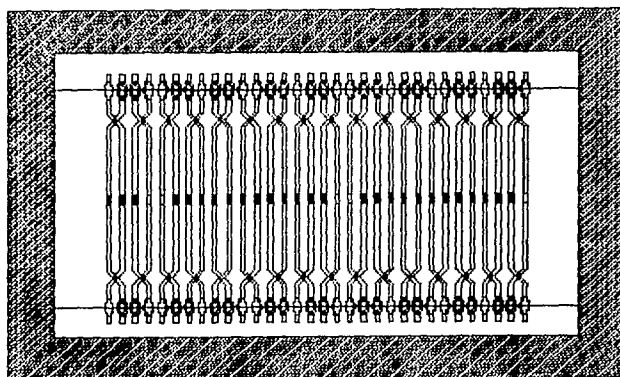


fig 4.6

Por las razones expuestas anteriormente, es indispensable que el cliente reciba por parte de la EMPRESA paquetes de lisos ensartados alternadamente. Esta necesidad restringe la solución.

4.3- REQUERIMIENTOS POR PARTE DE LA EMPRESA:

La EMPRESA está condicionada por sus clientes, y por el precio de los paquetes de lisos duplex del mercado.

La EMPRESA requiere producir lisos duplex ensartados alternadamente de manera automática, por diversas razones:

- a) Para no tener equipos osciosos.
- b) Para poder competir en precio en contra de la competencia, ya que con la apertura comercial derivada del TLC, las importaciones de lisos duplex ensartados alternadamente se han incrementado, y el precio de venta de dichas importaciones es menor que el precio de venta ofrecido por la EMPRESA, cuando el ensarado alternado se realiza de manera manual.
- c) Para poder exportar paquetes de lisos duplex.

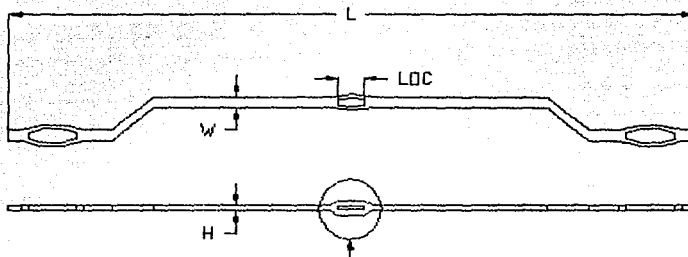
4.4- ESPECIFICACIONES DE LOS LISOS:

Los lisos se fabrican a partir de rollos de lámina de acero AISI 1045, pudiendo tener tres tipos de rollos en cuanto a sus geometrías:

- a) 2mm de ancho y 0.25mm de espesor.
- b) 2.3mm de ancho y 0.3mm de espesor.
- c) 3mm de ancho y 0.4mm de espesor.

De acuerdo con la información de la EMPRESA, el rollo de 2mm por 0.25mm ya no se utiliza.

La figura 4.7 muestra las vistas superior y frontal de los lisos en cuestión (duplex), y la figura 4.8 ilustra los detalles geométricos de las bayonetas.

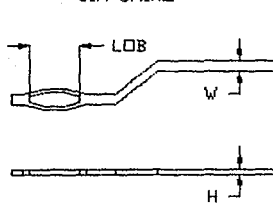


EN ESTA VISTA SE APRECIA COMO EL OJAL CENTRAL CUENTA CON CIERTA INCLINACION RESPECTO DEL PLANO DEL ANCHO DEL LISO.

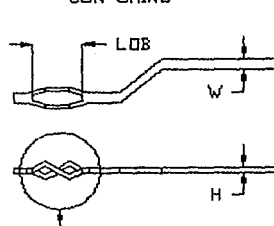
fig 4.7

ANALISIS DE LAS BAYONETAS

SIN CHINO



CON CHINO



A ESTE DOBLEZ PARTICULAR EN EL OJAL DE LA BAYONETA SE LE CONOCE COMO CHINO.

EL CHINO PUEDE PRESENTARSE EN UNA, AMBAS O NINGUNA BAYONETA

fig 4.8

De las figuras anteriores tenemos:

W es el ancho del liso.

H es el espesor del liso.

L es el largo del liso.

LOB es el largo del ojal de la bayoneta.

LOC es el largo del ojal central.

Las longitudes de los lisos van desde 260mm hasta 420mm.

Las longitudes LOC varian dependiendo de las necesidades de

los clientes de la EMPRESA, y pueden ser de 6mm, 8mm, u 11mm.

La figura 4.9 ilustra las cotas utilizadas en el estudio detallado de las bayonetas.

DETALLE GEOMETRICO DE LA BAYONETA

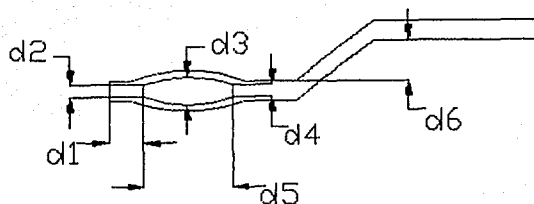


fig 4.9

De la figura anterior tenemos:

- a) d1 es la distancia entre el final del liso, y el extremo del ojal más cercano al final del liso.
- b) d2 es el ancho del ojal en el extremo del ojal cercano al final del liso.
- c) d3 es el ancho del ojal en el punto medio del mismo.
- d) d4 es el ancho del ojal en el extremo del mismo hacia el centro del liso.
- e) d5 es la longitud del ojal en la bayoneta.
- f) d6 es la longitud del doblés de la bayoneta, la cual puede ser variable.

La distancia d6 puede ser mayor o menor a 1.05mm, dependiendo del ajuste que se le de a la sección correspondiente de la troqueladora.

Para obtener el ojal de la bayoneta se utilizan troqueles con dos posibles dimensiones:

- i) $15 \times 0.88 \text{ mm}^2$
- ii) $17 \times 1 \text{ mm}^2$

Durante el proceso de fabricación se utilizan torques secundarios para los ojales de las bayonetas, los cuales abren el perfil rectangular logrando así una geometría particular con un ancho de d3 en el punto medio del ojal, como se observa en la

figura 4.9.

La EMPRESA proporcionó lisos duplex correspondientes a producciones de años anteriores y de dichas muestras se analizaron seis lotes de 5 piezas cada uno.

De los 30 lisos muestreados se midieron los ojales de las bayonetas (30 con chino, y 30 sin chino).

Debido a que el muestreo fué de $n \leq 30$, las expresiones correspondientes para los cálculos estadísticos fueron:

$$\text{MEDIA} = \sum x/n$$

$$\text{DESVIACION ESTANDARD} = S = \sqrt{\frac{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}}$$

De donde n =número de piezas muestreadas, y x_i =es el i ésimo elemento muestreado.

De los lotes muestreados, los resultados estadísticos [mm] fueron los siguientes:

	-3S	-2S	Tabla 4.1 media	2S	3S
Con chino:					
d1	4.02	4.49	5.45	6.40	6.88
d2	1.29	1.49	1.70	1.96	2.10
d3	1.77	1.87	2.07	2.27	2.37
d4	1.39	1.52	1.77	2.03	2.15
d5	13.98	14.15	14.51	14.86	15.04
Sin chino:					
d1	4.69	5.30	6.52	7.74	8.35
d2	1.52	1.64	1.87	2.10	2.22
d3	1.85	1.96	2.16	2.40	2.50
d4	1.53	1.63	1.82	2.01	2.11
d5	13.75	13.96	14.36	14.75	14.96

De donde S =desviación estándar.

A las medidas anteriores se les sumó y restó 3S para ubicar las probabilidades en el 99.73% dentro de la campana de Gauss de distribución Normal.

Es importante tener presente que se pueden tener lisos con doble chino, chino sencillo, o sin chino.

Para efectos de una caracterización más detallada de los lisos, se muestrearon 30 piezas de producción actual (1992), obteniendo los resultados de la tabla 4.2, de largo (L) ancho (W) y espesor (H) (datos en mm):

	-3S	-2S	media	2S	3S
L	0.07	0.05	L	0.05	0.07
W	2.21	2.23	2.28	2.33	2.35
H	0.26	0.27	0.29	0.32	0.33

De donde S=desviación estandard.

A las medidas anteriores, se les sumó y restó 3S para ubicar las probabilidades en el 99.73% dentro de la campana de Gauss de distribución Normal, como se ve en la figura 4.10.

CAMPANA DE GAUSS DE DISTRIBUCION NORMAL:

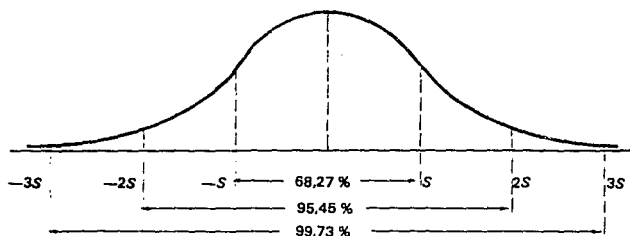


fig 4.10

Con la información anterior se realizó un análisis detallado del espacio disponible para la operación de ensartado. Dicho análisis se presenta en el capítulo 7.

Información adicional referente a las características de los lisos se presenta a continuación:

El peso de los lisos en un muestreo de producción actual (1992) de 100 lisos, con una longitud L de 342mm fue de 1.94g como promedio.

El peso de los lisos será mayor si L aumenta y menor si L disminuye.

La distancia promedio entre el extremo del liso y el centro del ojal de la bayoneta fué:

- i) En el caso del ojal con chino; $d1+(d5/2)=12.705mm$
- ii) En el caso del ojal sin chino; $d1+(d5/2)=13.7mm$

Debido a que en el proceso de fabricación se producen dobles no deseados en los lisos, fué necesario establecer una norma

interna de lisos doblados y no doblados, la cual se explicará con detalle en el capítulo 7.

4.5- CONCLUSIONES DEL ANALISIS DEL PROBLEMA:

- a) No existen equipos comerciales que acomoden y ensarten alternadamente lisos duplex.
- b) Existen muy pocas empresas en el mundo que fabriquen lisos duplex, y cada una desarrolla sus propias técnicas y equipos de ensartado alternado de lisos duplex.
- c) Si existen soluciones para el problema en cuestión.
- d) Se deben de obtener paquetes de lisos duplex ensartados alternadamente sin emplear un segundo trabajador en la operación de la troqueladora correspondiente.
- e) Los lisos en paquetes se pueden ensamblar de manera rápida en los marcos de los clientes de la EMPRESA, logrando una rentabilidad adecuada en el ensamblado de MARCOS-LISOS.
- f) Si no se resuelve la automatización del ensartado alternado, la EMPRESA tendría que deshacerse de la troqueladora correspondiente para no tener equipo osciosos.
- g) Si el problema se resuelve, la EMPRESA podrá competir a nivel internacional y nacional.
- h) Se analizó el ojal (mediano) de la bayoneta de un lote de lisos proporcionado por la EMPRESA.
- i) Es responsabilidad de la EMPRESA el ofrecer una producción lo más regular posible, ya que, como se comentó con anterioridad, existen variaciones en dimensiones de los ojales, largo de los lisos, etc.
- j) La EMPRESA puede disminuir la velocidad de troquelado, pero es restricción que el mínimo de lisos ensartados correctamente y de manera alternada en un día de labores sea de 14,000, con lo que la velocidad mínima de trabajo se reduciría hasta 45 golpes por minuto.

La EMPRESA informó, que la velocidad original de troquelado se incrementó en un 5% respecto de las velocidades de trabajo en el país de origen del equipo, ya que los voltajes de suministro de

energía eléctrica ofrecidos en México no son iguales a los utilizados originalmente para accionar la troqueladora en cuestión.

El tiempo real aprovechado por la EMPRESA fabricando lisos duplex, y el rango de golpes por minuto (gpm) mínimo de trabajo, de acuerdo con la información adquirida, se presenta en la tabla 4.3.

Tabla 4.3

gpm	producción(lisos/día)	t utilizado	% t utilizado/día
45	14,000	5.42 hrs	67.75%
55	17,000	5.42 hrs	67.75%

De donde t = tiempo, y el % t utilizado/día considerado como el 100% es de 8 horas.

5- CARACTERISTICAS DEL PROYECTO:

5.1- OBJETIVO DEL PROYECTO:

El objetivo es resolver una problemática industrial mexicana para permitir que la producción de lisos para telar sea competitiva en precio y calidad de acuerdo con las especificaciones y requerimientos del mercado actual.

5.2- ALCANCES DEL PROYECTO:

Obtención de un prototipo funcional que brinde servicio a la EMPRESA por un período de 10 a 15 años.

El desarrollo final del prototipo funcional se puede dividir en dos partes:

- a) Diseño conceptual, modelos, diseño de detalle.
- b) Optimización, fabricación, arranque y pruebas de operación.

En el presente trabajo se tratará exclusivamente la primera de las dos partes anteriormente citadas.

5.3- ESPECIFICACIONES:

- a) Manipular 55 lisos con bayoneta por minuto.
- b) Ensartar alternadamente en los ojales de las bayonetas, en un par de agujas, 17,000 lisos en cada turno de 8 hrs.
- c) Realizar el acomodo y ensartado alternado de manera automática, asumiendo una alimentación continua por parte de la troqueladora de la EMPRESA.
- d) Manipular lisos de distintas longitudes (desde 260mm hasta 420mm de largo).
- e) Manipular lisos con un ancho de lámina de 2.3 y 3 mm.
- f) Obtener paquetes de 500 a 750 lisos acomodados alternadamente, contando con la flexibilidad de separar dichos paquetes del equipo acomodador, sin frenar el proceso productivo de la troqueladora, ni

el proceso de acomodo del prototipo.

q) Se requiere contar con flexibilidad en el prototipo para la obtención de paquetes de 1,000 lisos en caso de ser necesario.

h) Manipular lisos con ojal mediano y grande en las bayonetas, y con chino doble, sencillo, o sin él.

5.4- RESTRICCIONES DE TIEMPO Y RECURSOS:

El tiempo de realización del proyecto debería de regirse y restringirse con base en el estimado inicial ofrecido por el CDM a la EMPRESA, el cual fue de 6 meses, en enero de 1991.

Los recursos económicos restrictivos del proyecto corresponden al estimado inicial ofrecido a la EMPRESA por parte del CDM.

La experiencia organización y recursos existentes en el CDM y la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., también representan restricciones.

Las razones por las cuales el prototipo no se pudo terminar en 6 meses son diversas.

Las razones por la cuales existieron dificultades en cuanto a disponibilidad de recursos económicos son diversas.

Un análisis más detallado de los aspectos restrictivos mencionados en el presente capítulo se presenta en el capítulo 8.

6- DISEÑO CONCEPTUAL:

6.1- SISTEMAS DE LA MAQUINA:

Después de analizar el problema se pensó que era correcto dividir el futuro prototipo en sistemas, y analizar con detalle y de manera posterior la interacción entre los mismos.

Los sistemas propuestos fueron:

- 1- Recepción.
- 2- Alimentación al giro alternado.
- 3- Giro alternado.
- 4- Alimentación al ensartado.
- 5- Ensartado.
- 6- Paquetes.

Es importante recalcar, que en este momento se tenía con un alto peso específico, el concepto girar lisos alternadamente, ya que esa fué la petición de la EMPRESA.

El sistema de giro alternado (3), sufrió una modificación conceptual muy importante al realizar una búsqueda lateral en cuanto a nuevas posibilidades del mencionado sistema.

Sucedio que en lugar de pensar en girar los lisos, lo cual implica en primera instancia 180 grados de rotación respecto del eje longitudinal, se pensó en ORIENTARLOS ALTERNADAMENTE a la posición deseada, lo cual implica una rotación no necesariamente de 180 grados respecto del eje longitudinal del elemento a orientar.

El concepto orientar se tratará con mayor detalle en el punto 6.5.

Se llegó entonces a la siguiente propuesta de sistemas:

- 1- Recepción.
- 2- Alimentación al orientador.
- 3- Orientado alternado.
- 4- Alimentación al ensartado.
- 5- Ensartado.
- 6- Paquetes.

La figura 6.1 del punto 6.2 ilustra el diagrama causa-efecto utilizado en el presente trabajo.

6.2- DIAGRAMA CAUSA-EFECTO:

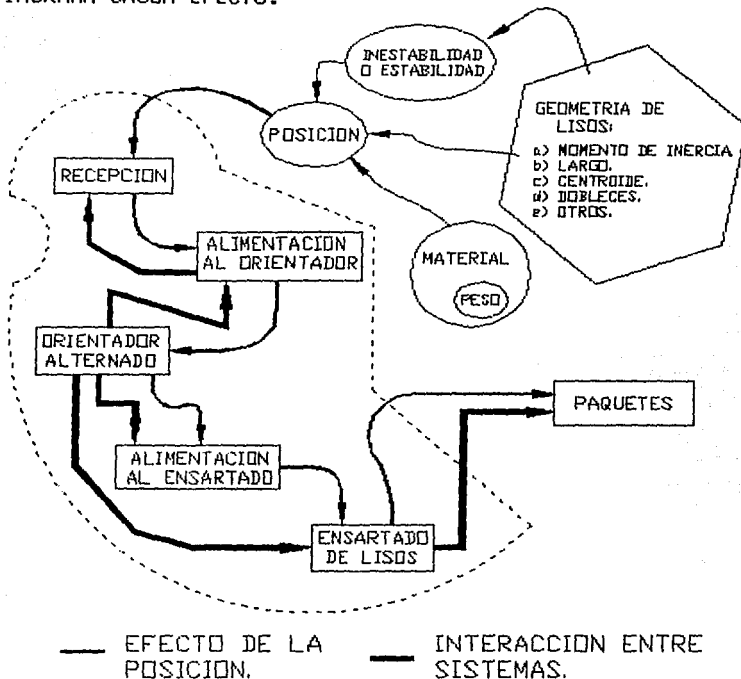


fig 6.1

Apoyándonos en experiencia y conocimientos, a través del diagrama causa-efecto podemos visualizar de manera gráfica la interacción entre sistemas y el "grado de influencia" que pueden llegar a tener los sistemas entre si.

Por ejemplo; nos podemos cuestionar algunas de las siguientes situaciones de interacción:

- ¿Cuál de los sistemas ejerce mayor influencia en los demás?, o bien, ¿es más importante el orientador o el alimentador al orientador?
- Se puede alimentar de muchas maneras pero si no se orienta, de nada sirve la alimentación. La alimetación está, por tanto, condicionada al modo de orientar.

El diagrama causa-efecto nos permite reconocer cuál es el sistema crítico y cuales son los subsistemas del proceso o equipo propuesto.

6.3- SISTEMA CRITICO Y SUBSISTEMAS:

Apoyados en el diagrama causa-efecto, y tomando como criterio que el sistema del cual salga el mayor número de flechas será el crítico tenemos el siguiente resultado:

El sistema crítico es el de orientado alternado (sistema #3).

El presente capítulo no tiene como objetivo demostrar y analizar la importancia de los sistemas críticos y como identificarlos, sino presentar la técnica de diseño conceptual empleada.

No hay que perder de vista, que una vez identificado el sistema crítico, se debe de resolver el diseño del mismo, y que los subsistemas (anteriores y posteriores al crítico) tenderán a quedar restringidos en algún grado por el diseño del sistema crítico.

De manera natural se obtiene la siguiente clasificación de sistemas:

Sistemas precríticos:

Recepción, Alimentación al orientador.

Sistema crítico:

ORIENTADOR.

Sistemas postcríticos:

Alimentador al ensartado.

Ensartado.

Paquetes.

6.4- ALTERNATIVAS DE SOLUCION DEL SISTEMA CRITICO:

Hay que recordar que en este momento no existen restricciones conceptuales, es decir, cualquier tipo de ideas son válidas.

A pesar de que no hay limitantes conceptuales, la naturaleza del problema nos restringe en algún grado, como por ejemplo en:

a) Manipular 55 lisos por minuto.

b) Ensartar los lisos en los ojales de las bayonetas, en agujas.

Pensando en girar los lisos, nos preguntamos; ¿ De cuantas maneras podemos llevar a cabo los giros de las piezas para dejarlas en las posiciones deseadas ? La figura 6.2 ilustra las posibilidades contempladas.

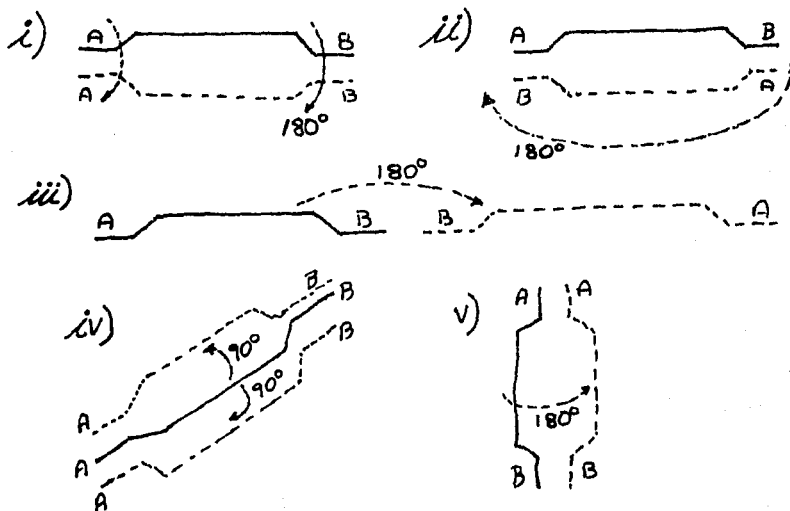


fig 6.2

Aún cuando se pueden enumerar diversidad de criterios y enfoques de diseño, en nuestro caso particular, los criterios se reducen a:

Buscar la solución más sencilla ya que con mayor simplicidad, en más probable que el funcionamiento del dispositivo pensado, sea confiable a largo y corto plazo.

Con una solución sencilla, el mantenimiento se simplifica

además de tener costos tendientes a ser bajos en fabricación y operación.

Con un diseño sencillo, es muy probable que se tenga éxito dentro del contexto que dió origen al prototipo, además de que la entropía del equipo será baja y las probabilidades de competir exitosamente en el mercado serán más elevadas.

Dentro del CDM se llevaron a cabo sesiones de "lluvias de ideas", llegando en términos generales y de manera repetida a los siguientes conceptos:

Realizar un transporte de lisos, y durante el proceso de transporte acomodar alternadamente los mismos de acuerdo a las posiciones deseadas.

Con la idea de transporte se obtuvieron las siguientes propuestas:

- a) Transporte lineal (horizontal, vertical, o inclinado).
- b) Transporte circular.
- c) Transporte con brazos mecánicos.

Los medios propuestos para realizar el transporte fueron:

- a) Con bandas lisas.
- b) Con bandas dentadas.
- c) Engranajes defasados.
- d) Imanes.
- e) Sistemas de aprisionado de lisos.
- f) Transportar en el aire (aventando o dejando caer).
- g) Charolas o superficies planas, dejando deslizar.

Con la idea de acomodo alternado las propuestas fueron:

- a) Acomodo alternado con trampas, durante el transporte.
- b) Acomodo alternado con sistemas que aprisionan y giran durante el transporte dependiendo de la necesidad de orientado.
- c) Acomodo alternado durante el transporte combinando trampas y sistemas de aprisionado.

Con la idea de aprisionado se obtuvo:

- a) Aprisionado con sistemas electro-neumáticos.
- b) Aprisionado con bandas.
- c) Aprisionado con sistemas mecánicos (pinzas).

Cabe hacer mención de que durante los procesos de "lluvias de ideas", se contempla el sistema crítico principalmente, pero no se

dejan de visualizar los sistemas post y pre-críticos, e inclusive en ocasiones se realizan bocetos completos de la solución.

Del conjunto de propuestas de transporte (con o sin aprisionado) y de acomodo alternado se llegó a diversidad de combinaciones de las cuales a continuación se presentan las más importantes:

(1)- Sistema con plancha ranurada utilizando pernos como topes mecánicos, y sensores ópticos:

Se alimentan lisos a la plancha los cuales resbalan y llegan a la zona de ranuraciones. Si el liso llega con una orientación adecuada cae hacia abajo, y es ensartado; si no, los pernos posicionadores se retiran, y dejan pasar al liso en turno, preparando el sistema una vez más. Este ciclo se repite el número de veces que sea necesario hasta que finalmente se ensarta el liso cuya orientación es correcta.

Una vez ensartado un liso se preparan los topes para la pieza con orientación opuesta, y se repite el procedimiento descrito.

Este sistema tiene el inconveniente de funcionar con base en una alimentación aleatoria, lo que aumenta la probabilidad de acumulación de lisos cuya orientación no sea correcta.

En la figura 6.3 se observa un esquema del sistema propuesto visto lateralmente, y en la figura 6.4 se tiene la vista superior. En dichas figuras se ilustra la ubicación de la aguja de ensartado y las ranuraciones de las dos posibles posiciones de acomodo.

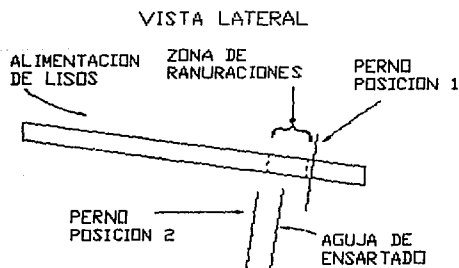


fig 6.3

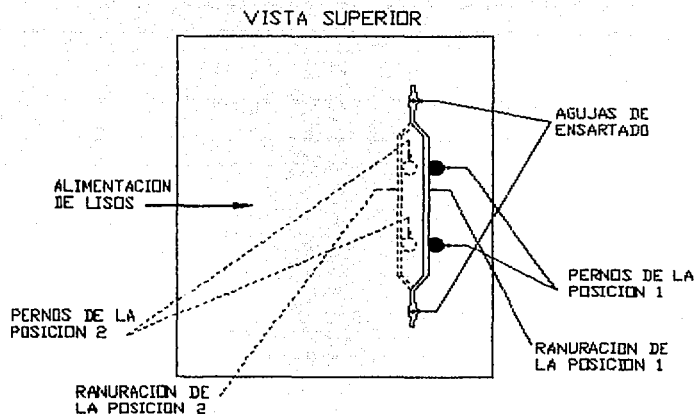


fig 6.4

(2)- Sistema de Banda-Escoba y Pernos:

En la figura 6.5 se observa el arreglo propuesto, y las figuras 6.6 a la 6.10 ilustran el funcionamiento global de este sistema.

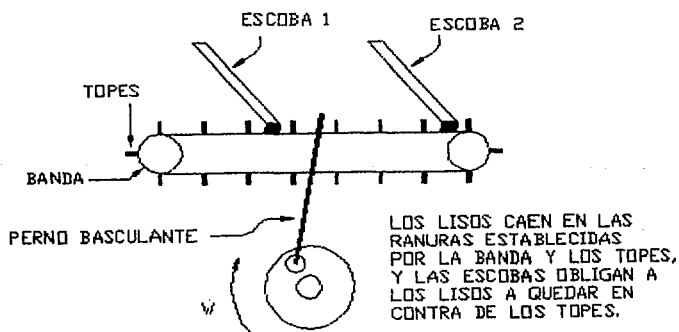
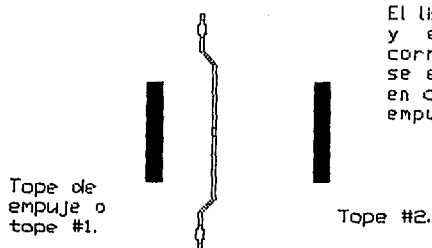


fig 6.5

Secuencia de operaciones del sistema Banda-Escoba y Pernos:

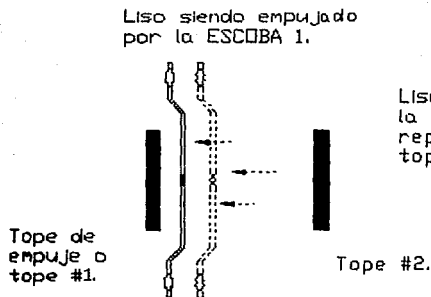
a)



El liso cayó en la banda, y entre los topes correspondientes, pero se encuentra reposando en contra del tope de empuje o tope #1.

fig 6.6

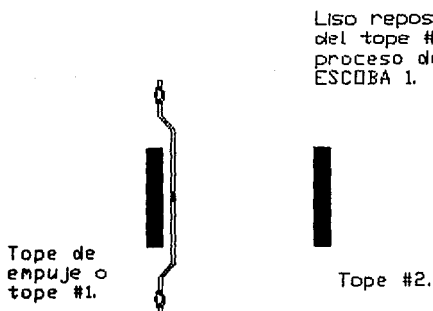
b)



Liso siendo empujado por la escoba 1, para quedar reposante en contra del tope #1.

fig 6.7

c)



Liso reposando en contra del tope #1, después del proceso de empuje de la ESCOBA 1.

fig 6.8

d)

Tope de
empuje o
tope #1.



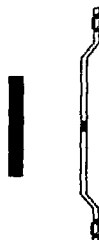
Liso siendo golpeado para
girar y obtener la posición
final deseada.



Tope #2.

d.1)

Tope de
empuje o
tope #1.



Liso girado gracias a la
acción del perno golpeador,
y quedando con la orientación
final deseada.



Tope #2.

fig 6.9

e)

Tope de
empuje o
tope #1.



Liso girado y empujado para
permanecer de manera definitiva
reposante en contra del tope #1.



Tope #2.

fig 6.10

En caso de que un liso quedase en la posición deseada, una vez empujado por la escoba 1, el perno golpeador en turno no llevará a cabo su acción.

(3)- Pistón Neumático con Aprisionado y Trampas:

Este sistema cuenta con un elemento de aprisionado de lisos (el liso se sujeta de los extremos de las bayonetas), el cual es accionado electricicamente o neumaticamente.

En la figura 6.11 se observa el conjunto de elementos que conforman esta propuesta.

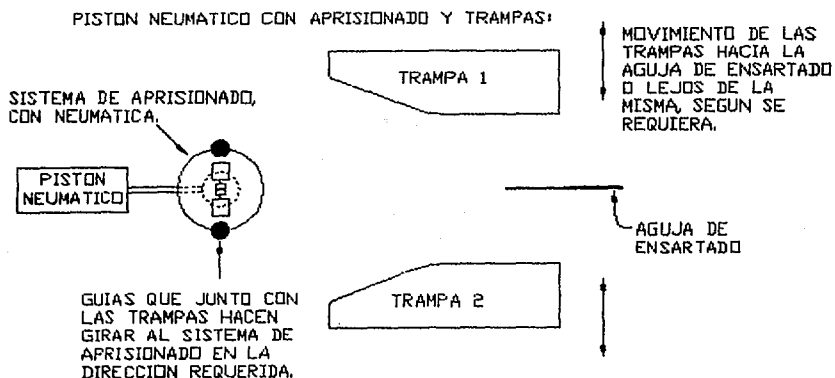


fig 6.11

La figura 6.11 cuenta con un sistema idéntico colocado en el extremo contrario pudiendo así sujetar de los dos extremos al liso.

Una vez llevada a cabo la acción de aprisionar, se detecta la posición del liso, y por tanto, se indica cual de las dos trampas se debe de accionar. Una vez accionada la trampa requerida, el pistón neumático se dispara, llevando al liso hasta el punto de ensartado, previa rotación, determinada por la trampa accionada.

La figura 6.12 ilustra el proceso de ensartado.

Una vez ensartada la pieza, el sistema en su conjunto regresa a sus condiciones iniciales, y queda listo a recibir el siguiente liso.

PISTON NEUMATICO CON APRISIONADO Y TRAMPAS:

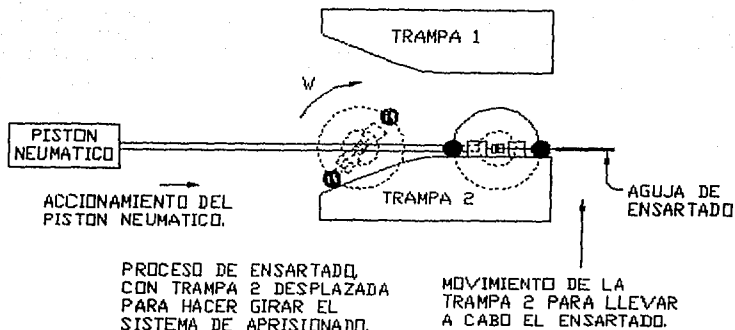


fig 6.12

(4)- Sistema "Rueda de Fortuna":

La propuesta "Rueda de Fortuna" es una variante del sistema anterior (3), ya que la conceptualización de aprisionado y trampas es igual, pero el desplazamiento es circular y no lineal.

La figura 6.13 ilustra esta concepción.

Haciendo referencia a la figura 6.13, en el punto "i" se recibe y sujeta la pieza, en el "ii" se detecta cual trampa se debe de accionar. En el punto "iii" se lleva a cabo el ensartado, previo accionar de la trampa 1 ó 2, y finalmente en el punto "iv" el sistema de aprisionado queda listo para llegar una vez más al punto "i" de condiciones iniciales.

VARIANTE DEL SISTEMA DE APRISIONADO NEUMATICO
VARIANTE DENOMINADA "RUEDA DE FORTUNA"

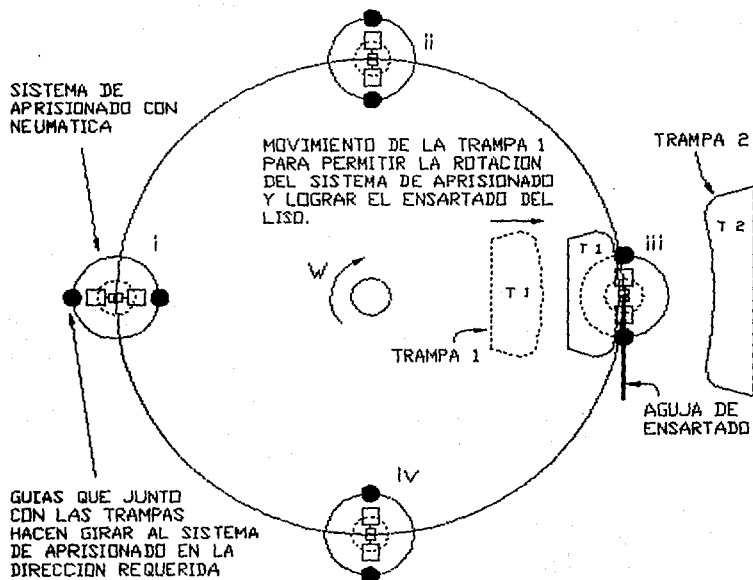


fig 6.13

(5)- Propuesta denominada CCC :

Este sistema propone dejar caer lisos verticalmente, y aprovechando la energía cinética de los mismos, obligarlos (gracias al uso de trampas) a reposar en posiciones específicas de orientado.

La figura 6.14 ilustra una vista lateral del sistema trampas (dientes y central) así como la trayectoria del liso al caer.

La figura 6.15 muestra la vista superior de la idea CCC.

VISTA LATERAL DE LA OPCION CCC.

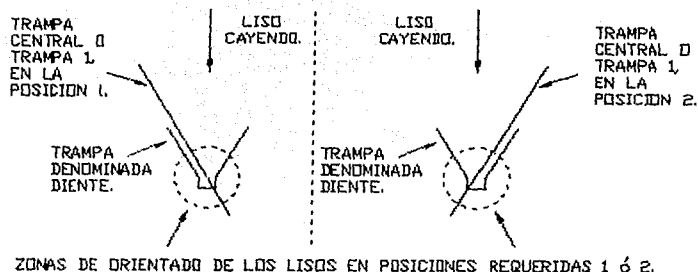


fig 6.14

VISTA SUPERIOR DEL SISTEMA CCC, CON LISO ACOMODADO, DESPUES DE HABER CAIDO (EL LISO).

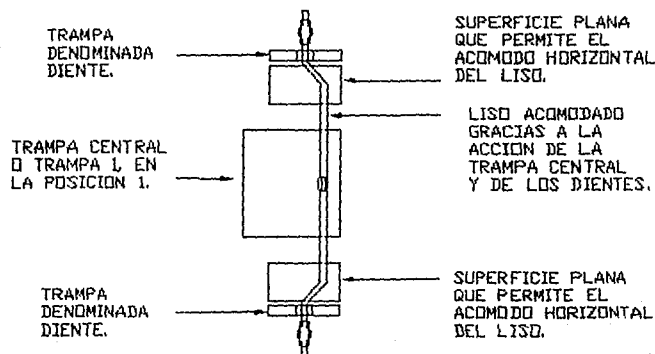


fig 6.15

Uno de los aspectos de mayor importancia discutido y analizado en el CDM durante sesiones de "lluvias de ideas", fue el que la posición más estable de los lisos es la de reposo horizontal sobre su parte más ancha (2.3 a 3.0 mm). El reposo considerado como de mayor estabilidad, se lleva a cabo sobre una mesa o elementos con superficies planas, como perfiles cuadrados, ladrillos, etc.

En la evolución del diseño conceptual, hasta este momento, se habían discutido y considerado opciones de transporte y acomodo de lisos, pero se puede considerar también la idea de no realizar ninguna operación de transporte; es decir, en el momento de recibir el liso proceder de manera inmediata al ensartado.

La idea anterior puede sonar absurda pero no lo es.

Se utilizó equipo de video para establecer de manera real si la posición del liso en el punto de entrega de la troqueladora era confiable o no. Se pudo determinar, que la entrega de lisos por parte del equipo de la EMPRESA, no es confiable (no es estable ni consistente).

Con la información conceptual disponible hasta este punto, y con elementos mecánicos utilizados durante la primera iteración (regletas de transporte), "surgió" la idea denominada CCC, ya comentada.

La idea CCC es el resultado de la fase creativa conocida como "iluminación".

La propuesta CCC busca acercarse lo más posible a las condiciones de entrega de la troqueladora, evitando así inversiones de tiempo y dinero en sistemas posicionadores de lisos, previos al prototipo.

La idea CCC se puede sintetizar en lo siguiente:

Dejar caer al liso de manera vertical, manteniendo el eje longitudinal del mismo alineado con la horizontal, y aprovechar la energía de caída para obligarlo a quedar acomodado en la posición deseada.

La idea CCC también busca aprovechar la estabilidad natural de los elementos a manipular cuando se les deja reposar sobre una superficie plana.

6.5- EVALUACION Y SELECCION DE OPCIONES DEL SISTEMA CRITICO:

Durante las fases de evaluación y selección de sistemas, toman especial importancia aspectos tales como intuición, experiencia, gusto por algún mecanismo, etc., por parte del diseñador.

La naturaleza de los lisos en cuanto a peso, momento de inercia, dobleces, aceite impregnado, etc., no permite una predicción matemática adecuada de su comportamiento físico, por lo que el apoyarse en experimentaciones y resultados estadísticos para determinar cual propuesta de solución resultará la correcta es indispensable.

Debido a que la idea CCC resultaba fácil de armar y probar con elementos mecánicos disponibles, un primer modelo experimental se fabricó, para evaluar la factibilidad de dicha iniciativa.

En la figura 6.f1 se observa el primer modelo CCC, construido con aluminio y madera.

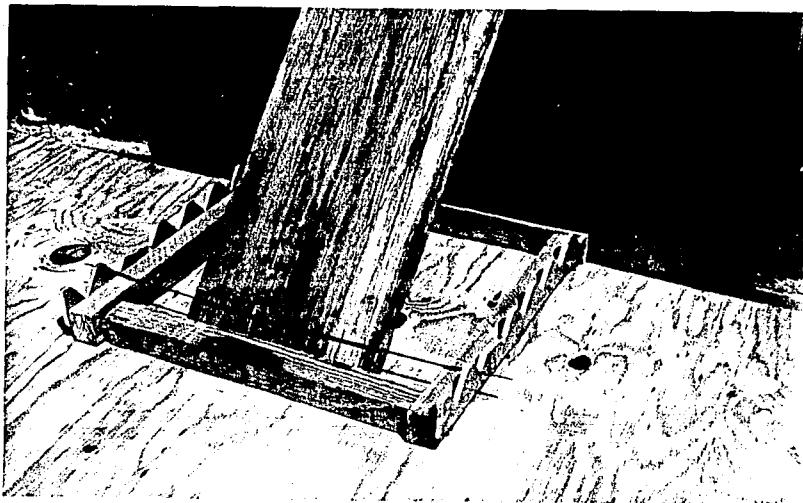


fig 6.f1

En este momento resultaba muy alentador observar que la propuesta CCC presentaba ventajas conceptuales importantes respecto de otras, ya que los elementos de sujeción, posición, control, etc., eran más simples que los requeridos por ideas tales como la

"Rueda de Fortuna" (explicada en el punto 6.4).

La escasez de recursos económicos y limitantes de tiempo brindaban un panorama atractivo para el desarrollo de la propuesta CCC.

PRIMERAS EXPERIMENTACIONES

Con el primer modelo CCC, se llevó a cabo la primera fase experimental, utilizando 17 lisos duplex con chino sencillo.

Los 17 lisos utilizados se clasificaron en "doblados y derechos" para poder comprender de mejor manera los resultados de esta primera experimentación, y aún cuando la clasificación de lisos fue a priori, la experiencia en el manipuleo de los mismos permite pensar que la clasificación fue correcta.

Cada liso se dejó caer en 10 ocasiones desde una altura X (5 veces en la posición A y 5 en la B o de orientado contrario), con los siguientes resultados:

Posición A	Posición B
85 lanzamientos	85 lanzamientos
26 fallas	7 fallas

El éxito con piezas "derechas" fué de aproximadamente 94% y con piezas "dobladas" de entre 73% y 74%. El éxito combinado logrado fué de 87.5% aproximadamente.

La EMPRESA solicitó que el porcentaje de lisos acomodados y ensartados adecuadamente fuese mayor o igual a 95% como límite superior, y mayor a 85% como límite inferior.

Las experimentaciones de la primera fase arrojaron resultados de éxito mayores al 80%, brindando esperanzas en poder lograr una solución sencilla, y rápida.

Se pensó, que con un modelo experimental fabricado en acero, pudiendo variar las alturas de caída de lisos, ángulos, y posiciones de las trampas, así como estableciendo una clasificación de lisos doblados y derechos más rigurosa, se obtendría un porcentaje de éxito mayor al 88%, y quizás superior al solicitado por la EMPRESA (95%).

En este momento, resultaba desconcertante contar con una solución muy sencilla desde un punto de vista conceptual, y no saber si otras opciones podrían resultar funcionales e inclusive mejores.

En vista de la escasez de horas hombre disponibles en el CDM y de la falta de recursos económicos, se decidió realizar un esfuerzo mental, buscando evaluar otras soluciones, y encontrar nuevas, por lo que se llevaron a cabo sesiones adicionales de "lluvias de ideas".

A pesar de los esfuerzos realizados, la idea CCC superó de manera consistente, en simplicidad, costo y funcionalidad, al resto de las propuestas (evaluaciones apoyadas en experiencia y gusto).

El hecho de contar con un éxito mayor al 87% en la primera fase experimental, con el primer modelo CCC, alentaba mucho a seguir desarrollando dicha iniciativa.

Para tomar una decisión definitiva en cuanto a elegir un sistema crítico, fue necesario realizar experimentaciones más detalladas y controladas (normas de dobleces, tiempos de acomodo, etc.), las cuales se comentarán con la debida profundidad en el capítulo 7.

El presente capítulo exige que se adelanten algunos datos experimentales para justificar la aceptación del sistema crítico CCC.

*** Antes de presentar la información experimental requerida por el presente capítulo, es importante recordar que las experimentaciones de sistemas críticos se llevaron a cabo exclusivamente con la idea CCC. ***

Datos experimentales que justifican la elección del sistema CCC:

Utilizando un modelo fabricado en acero y ubicándonos en la mejor zona de trabajo (mejor combinación de parámetros), tenemos:

- a) Eficiencia de acomodo de 100% con lisos derechos.
- b) Eficiencia aproximada de 97% con un lote real de producción (lisos doblados y derechos).
- c) Tiempo promedio de acomodo del liso desde que comienza su caída, menor a 0.5s.

Los lisos utilizados para las experimentaciones contaban con una longitud de 342mm.

Debido a que el ciclo de alimentación de lisos es menor o igual a 60/55s, es decir, menor o igual a 1.09s, y que el tiempo de

acomodo del liso es menor a 0.5s, se dispone de 0.59s para realizar las operaciones de ensartado y preparación de sistemas para recepción del siguiente liso.

Gracias a las eficiencias de acomodo obtenidas y al tiempo de acomodo desde una cierta altura de caída, se aceptó de manera definitiva el sistema crítico de orientado alternado CCC.

6.6- ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE SUBSISTEMAS:

Al hablar de subsistemas en un diseño, se sabe que las características de los mismos quedan afectadas por los principios de operación y requerimientos del sistema crítico.

Conforme se van definiendo las especificaciones de los subsistemas, el resto de ellos aún no definidos, tiende a quedar más y más restringido por las características de los previamente detallados.

SISTEMAS PRECRITICOS:

1- Alimentación y recepción:

La alimentación se debe de realizar de tal manera que cuando el liso caiga, el eje longitudinal del mismo se encuentre alineado con la horizontal.

Opciones de alimentación y recepción:

a) Con banda transportadora:

Alimentación; Un sistema de banda con topes mecánicos y una inclinación α (alfa) para garantizar que el liso transportado repose en el tope se aprecia en la figura 6.16.



fig 6.16

De la figura anterior se observa que al girar el tope, sobre el rodillo derecho, el liso caería de manera vertical hacia el acomodo en CCC.

Recepción; Con el sistema banda transportadora se recibe el liso, dejándolo caer en la cavidad en turno (figura 6.17), por lo que la banda siempre tendrá un liso en cada uno de los topes que estén "viendo hacia arriba".

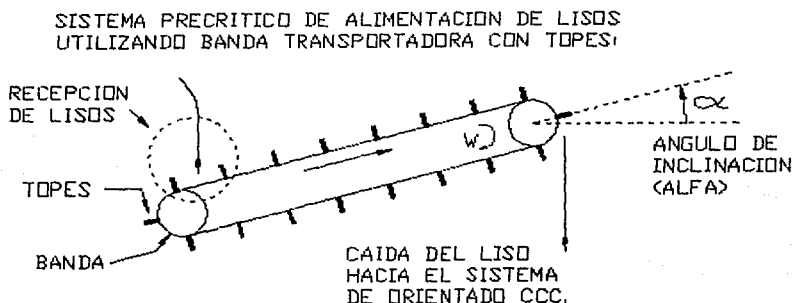


fig 6.17

b) Con resbaladillas:

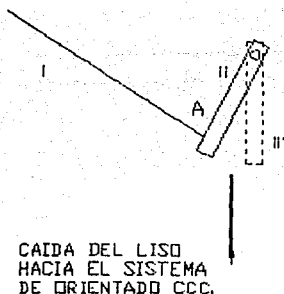
Alimentación; Se cuenta con un liso reposando en el punto " A " (soportado por la resbaladilla " i " y la placa " ii "), como se observa en la figura 6.18. En un tiempo t_0 , la placa " ii " se abre a la posición " ii' ", " facilitando la caída del liso hacia el sistema de acomodo CCC como se observa en la figura 6.19.

SISTEMA PRECRITICO DE ALIMENTACION Y
RECEPCION UTILIZANDO:
I=RESBALADILLA
II=PLACA
A=PUNTO DE REPOSO DE LISOS PREVIO A
LA ALIMENTACION



fig 6.18

SISTEMA PRECRITICO DE ALIMENTACION DE LISOS
UTILIZANDO RESBALADILLA Y PLACA DE REPOSO.



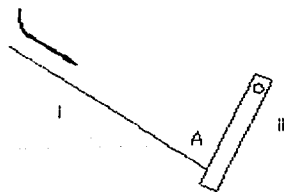
LA POSICION II' DE LA PLACA II
SE PRESENTA EN UN TIEMPO t_0 ,
PERMITIENDO QUE EL LISO
REPOSANTE EN EL PUNTO A,
CAIGA HACIA EL SISTEMA CCC.

fig 6.19

Recepción; La figura 6.20 ilustra de manera sencilla el proceso de recepción utilizando resbaladilla.

SISTEMA PRECRITICO DE RECEPCION DE LISOS
UTILIZANDO RESBALADILLA Y PLACA DE REPOSO.

RECEPCION DE LISOS



EN EL PUNTO A, EL LISO
RECIBIDO REPOSA HASTA
QUE EN UN TIEMPO t_0 LA
PLACA II SE MUEVE PARA
PERMITIR LA CAIDA DEL
LISO.

fig 6.20

SISTEMAS POSTCRITICOS:

1- Alimentación al ensartado:

El sistema crítico obliga a realizar una alimentación vertical hacia abajo para ensartar.

a) Si contamos con una banda con canchilones, o topes, en donde reposan los lisos, en la trayectoria vertical podríamos ir restringiendo el ancho de la ranura, establecida por los dientes, desde el plano de acomodo en CCC hasta el punto de ensartado, de tal manera que siempre se tuviera éxito en el proceso u operación de ensartado. La figura 6.21 ilustra esta propuesta.

La distancia "J" de la fig 6.21 corresponde al recorrido vertical del liso para llegar al ensartado.

Para evitar la posibilidad de que durante el trayecto "J" el liso alterase su posición horizontal acomodada, se pensó en colocar sujetadores o aprisionadores de lisos, en los canchilones, de tal manera que no se alterase la posición de acomodo lograda en el sistema anterior. La figura 6.22 muestra dicha concepción.

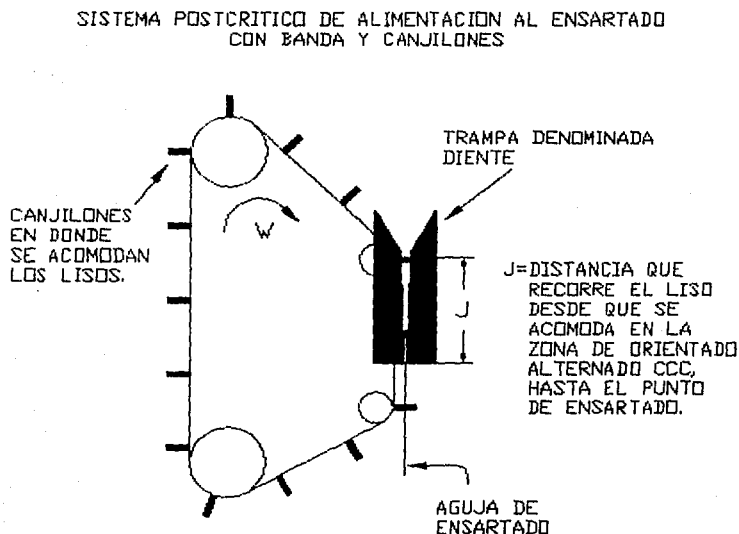


fig 6.21

CANJILONES CON BRAZO DE APRISIONADO DE LISOS:

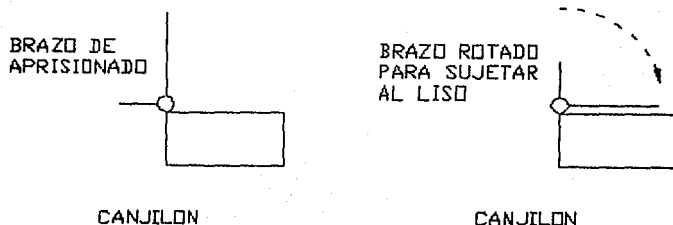


fig 6.22

b) Si buscamos reducir la distancia "J" a cero, y con la variante de no utilizar banda con canjilones sino un disco con canjilones, llegamos a la figura 6.23:

ALIMENTACION AL ENSARTADO CON CANJILONES Y RUEDA

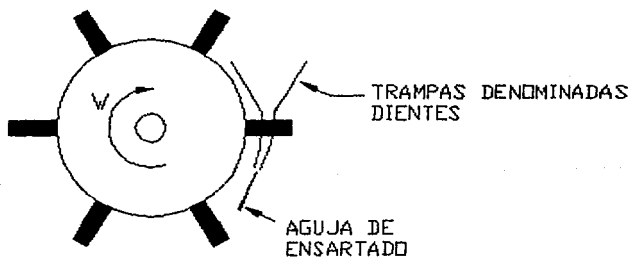


fig 6.23

En vista de que la opción b) de los sistemas postcríticos ("disco con canjilones") utiliza una sola flecha para girar y es más sencilla de implementar que la opción a), se fabricó un modelo de alimentación al ensartado, utilizando el principio de funcionamiento del "disco con canjilones".

Considerando que la distancia "J" fuese cercana a cero, el uso de sistemas de aprisionado de lisos sería innecesario.

Los detalles geométricos y resultados experimentales del modelo "disco con canjilones" para ensartar se discutirán en el capítulo 7, pero se adelantan algunos resultados para justificar su elección.

- a) Se utilizó una "J" de 10mm.
- b) El ensartado se realiza en $t < 0.1s$.
- c) El ensartado tiene mucho éxito realizando una operación manual de giro, con 90 grados de rotación en un tiempo $t < 0.2s$.
- d) Se considera que el ensartado es satisfactorio y no se requieren sistemas de aprisionado en los canjilones.

La figura 6.f2 que nos ilustra el modelo "disco con canjilones" para ensartado de lisos, fabricado en el CDM.

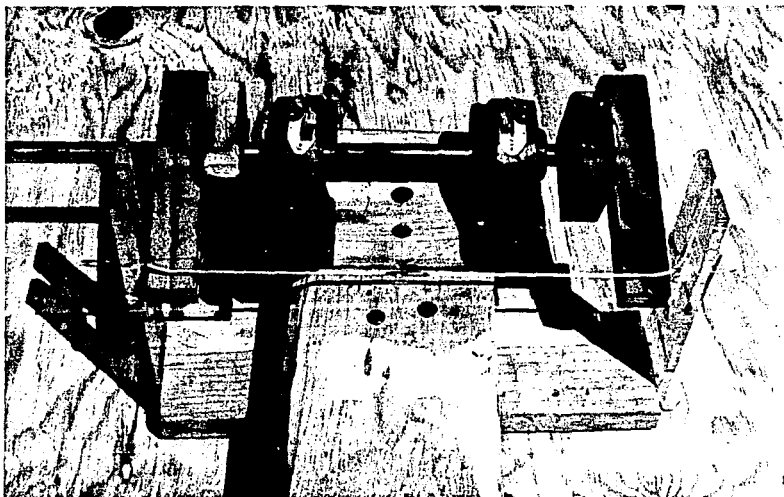


fig 6.f2

2- Sistema de ensartado:

En la alimentación al ensartado, se mencionó la presencia física del sistema de ensartado, y de hecho, en el modelo "disco con canchilones" se implementaron las agujas de ensartado.

La posición de las agujas de ensartado debe de cumplir con una ubicación definida y estática para garantizar la operación correcta de ensartado, y se debe de cuidar también el que no se acumulen lisos en la zona de ensartado, para evitar posibles obstrucciones.

3- Sistema de paquetes:

El sistema de paquetes debe de permitir un desplazamiento de lisos hacia las agujas definitivas, de tal manera que ni la troqueladora ni el prototipo ordenador vean interrumpidas sus labores. Las agujas de ensartado no deberán de sufrir ningún tipo de alteración (en cuanto a su ubicación espacial), durante el desplazamiento de lisos hacia las agujas de paquetes definitivos.

Actualmente la EMPRESA cuenta con sistemas de ensartado y paquetes para lisos sin bayoneta que funcionan eficientemente.

Los principios de operación del sistema CCC, no se contraponen con los sistemas de ensartado y paquetes para lisos sin bayoneta de la EMPRESA.

Debido a la necesidad de aprovechar lo que ya está hecho, y de no invertir recursos en una problemática ya resuelta, el sistema de paquetes y ensartado del prototipo a desarrollar será igual (al menos en principios de operación), a los que actualmente funcionan en la EMPRESA (para lisos sin bayoneta).

7- DISEÑO DE DETALLE:

7.1- NORMA DE LISOS DOBLADOS:

Para obtener una congruencia experimental, fue necesario establecer una norma de lisos doblados y no doblados. Dicha norma también sirve como referencia, para entender, junto con las experimentaciones que se presentan más adelante, que tan eficiente es la producción de lisos de la EMPRESA.

La EMPRESA facilitó al CDM piezas troqueladas de producción normal. Con el material proporcionado por la EMPRESA, y con un modelo clasificador de lisos en doblados y no doblados (modelo fabricado en el CDM), se llevó a cabo la labor de clasificación.

a) Modelo:

La figura 7.1 y 7.f1, ilustran el arreglo y características del modelo clasificador.

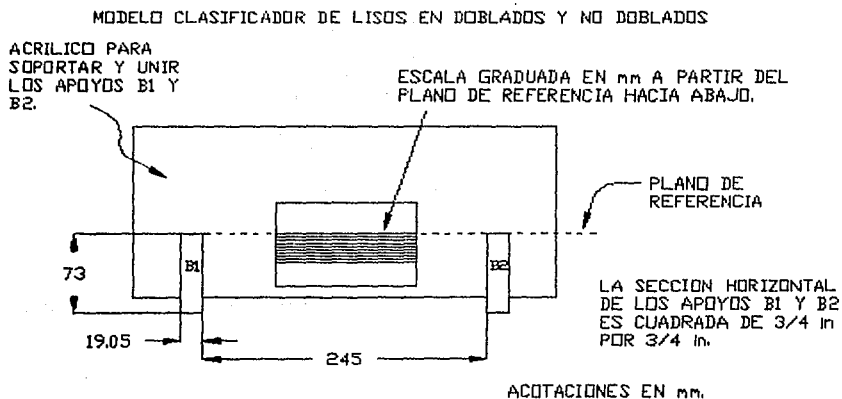


fig 7.1

Cabe mencionar que el modelo clasificador de lisos presentado en la figura 7.1, cuenta con dos apoyos separados 245mm entre sí, y cuenta también con una escala graduada en mm, utilizada para poder cuantificar el pandeo del liso en turno.

La figura 7.f1 ilustra el modelo real utilizado durante la clasificación.

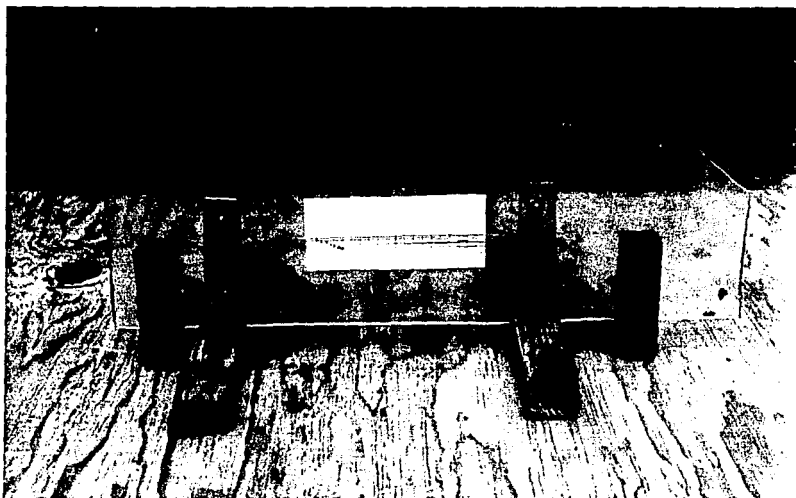
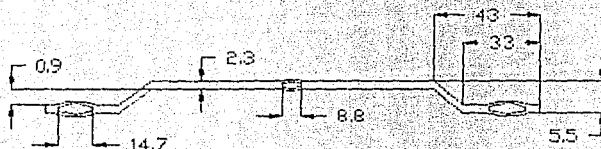


fig 7.f1

Los detalles geométricos de los lisos caracterizados se presentan en la figura 7.2.

LISO CON BAYONETAS ACOTADO DE ACUERDO
CON EL MATERIAL PROPORCIONADO POR LA
"EMPRESA".
DICHOS LISOS SON DEL TIPO CON CHINO
EN UNA BAYONETA Y SIN CHINO EN LA OTRA



ACOTACIONES EN mm.
LA ESCALA NO ES 1=1

fig. 7.2

b) Experimentaciones y Resultados:

Se estableció que si los pandeos de los lisos resultaban mayores a 3mm, la pieza en cuestión se catalogaría como doblada, y si el pandeo resultaba menor o igual a 3mm, se catalogaría como liso derecho.

Las figuras 7.3 y 7.4 ilustran el proceso de clasificación de lisos.

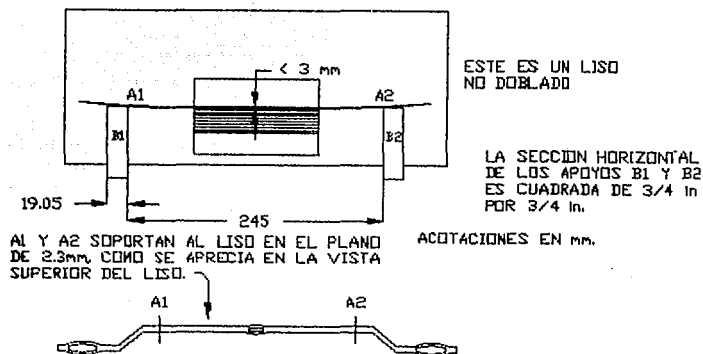


fig 7.3

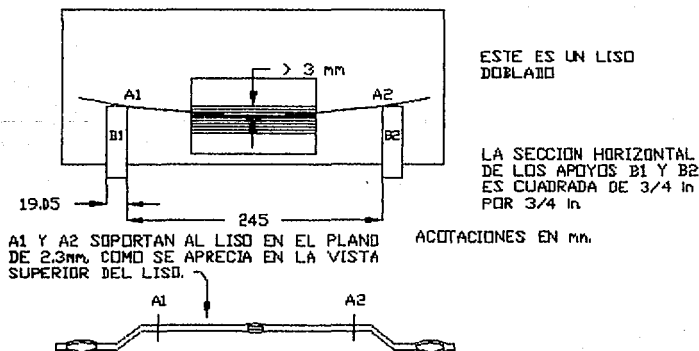


fig 7.4

Es importante mencionar, que la lectura para determinar si el pandeo resultaba mayor a 3mm ó menor e igual a, 3mm se llevó a cabo en el punto medio entre los apoyos B1 y B2 del modelo en cuestión.

Los resultados correspondientes a las experimentaciones clasificadoras de lisos se presentan en al tabla 7.1.

Tabla 7.1

(Se evaluaron dos lotes de 100 lisos cada uno)

1er Lote:		%
Media	$= X_m = 2.85\text{mm}$	$\leq 3\text{mm} = 74\%$
Desviación Estandar	$= S = 1.1302\text{mm}$	$> 3\text{mm} = 26\%$
2do Lote:		%
Media	$= X_m = 2.745\text{mm}$	$\leq 3\text{mm} = 82\%$
Desviación Estandar	$= S = 1.2031\text{mm}$	$> 3\text{mm} = 18\%$

Combinando los porcentajes de lisos derechos y doblados de los dos lotes, tenemos 78% de lisos derechos y 22% de lisos doblados.

c) Peso de los lisos:

Los 200 lisos utilizados para determinar los porcentajes de piezas dobladas se pesaron en grupos de 100, llegando a los resultados ilustrados en la tabla 7.2.

Tabla 7.2

1er Lote:	
Media	$= X_m = 1.964 \text{ g}$
Desviación Estandar	$= S = 0.0499 \text{ g}$
2do Lote:	
Media	$= X_m = 1.94 \text{ g}$
Desviación Estandar	$= S = 0.0632 \text{ g}$

Se observa que el peso de los lisos es muy reducido (menor a 2g).

7.2- SISTEMA CRITICO:

a) Modelo Crítico :

Se fabricó un modelo en acero, para analizar con detalle la eficiencia en el acomodo alternado de los lisos. Los planos de las piezas individuales de dicho modelo se presentan en el anexo CCC.

La figura 7.f2 ilustra el ensamble del modelo CCC, y la figura 7.f3 a los componentes del mismo, de manera individual.

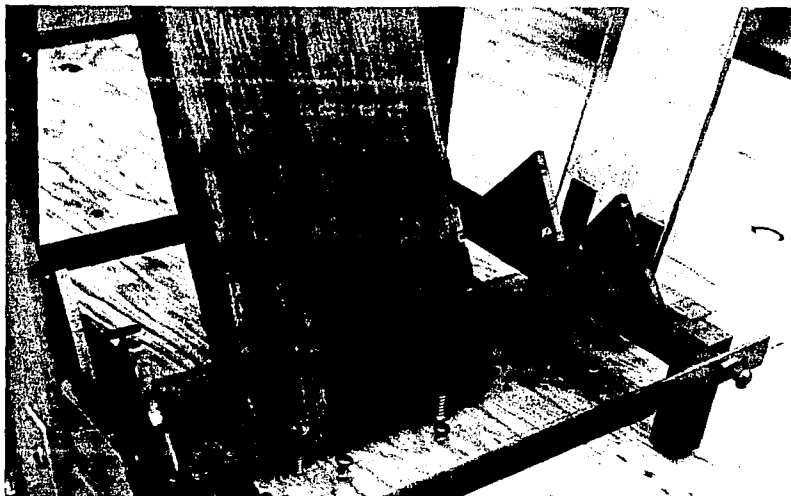


fig 7.f2

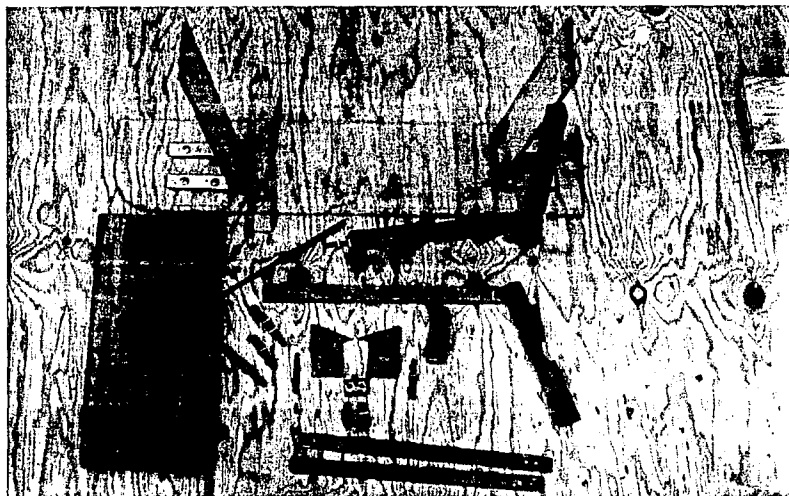


fig 7.f3

La figura 7.f4 ilustra el proceso de caída del liso hacia el modelo critico, y la figura 7.f5 muestra el liso acomodado.

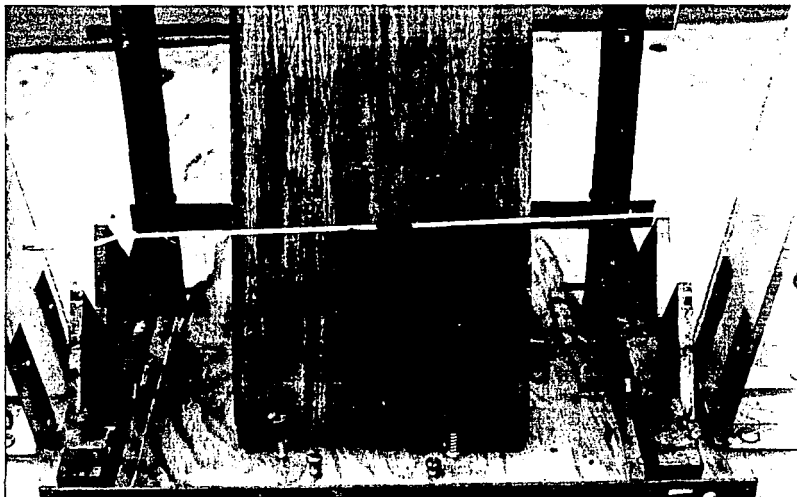


fig 7.f4

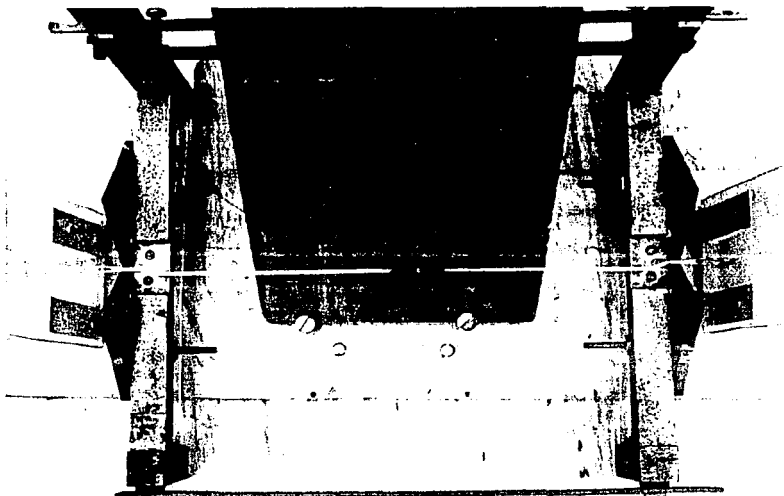


fig 7.f5

La pieza "M3" del anexo CCC, establece un ancho de 5mm para el reposo horizontal del liso, es decir, la holgura entre liso y paredes de la pieza "M3" es de:

$$5\text{mm} - 2.3\text{mm} = 2.7\text{mm}.$$

b) Experimentación:

b.1- Porcentajes de éxito en el acomodo alternado utilizando el modelo CCC :

Se llevaron a cabo tres experimentaciones utilizando el modelo CCC, llegando a resultados concretos en cada una de ellas.

(1) La primera experimentación se llevó a cabo con variaciones de:

i) TRAMPA: inclinación de 20, 30, 45, 60 y 70 grados respecto de la horizontal.

ii) DIENTE: inclinación de 30, 45, 60 y 70 grados respecto de la horizontal.

iii) ALTURA DE CAIDA DE LISOS: A1, A2, A3, y A4.

Se presentan a continuación, en la tabla 7.3, los datos estadísticos del primer experimento:

Tabla 7.3

	Con D=20			
	A1	A2	A3	A4
T=30	--	--	--	--
T=45	80	75	75	77.5
T=60	85	77.5	80	77.5
T=70	80	82.5	80	77.5

	Con D=30			
	A1	A2	A3	A4
T=30	90	80	77.5	77.5
T=45	90	90	85	80
T=60	92.5	97.5	77.5	97.5
T=70	95	92.5	87.5	97.5

	Con D=45			
	A1	A2	A3	A4
T=30	97.5	92.5	82.5	92.5
T=45	90	95	90	97.5
T=60	97.5	97.5	97.5	100
T=70	95	95	97.5	97.5

	Con D=60			
	A1	A2	A3	A4
T=30	92.5	97.5	87.5	92.5
T=45	92.5	95	90	87.5
T=60	97.5	97.5	95	97.5
T=70	97.5	97.5	97.5	97.5

Tabla 7.3 continuación:

	Con		D=70	
	A1	A2	A3	A4
T=30	92.5	90	85	92.5
T=45	92.5	97.5	97.5	95
T=60	97.5	100	97.5	97.5
T=70	97.5	97.5	100	95

Trampa(grados)= T Diente(grados)= D Altura i = Ai
 (Los datos de las tablas nos indican el % de éxito en el acomodo)
 Los valores de las cuatro alturas utilizadas fueron:
 A1=135mm, A2=155mm, A3=175mm, y A4=195mm

El muestreo a partir del cual se obtuvieron los resultados de la tabla anterior, consistió en 20 lisos, los cuales se lanzaron dos veces cada uno, teniendo por tanto un total de 40 lanzamientos para cada resultado porcentual de éxito en el acomodo.

Cabe hacer mención de la manera en cómo se dejaron caer los lisos en los tres experimentos realizados:

Apoyados en observaciones del video del equipo (troqueladora de lisos duplex) de la EMPRESA, sabemos que existen irregularidades en cuanto a la posición de los lisos en el espacio respecto de alguna referencia, como por ejemplo, el plano horizontal final de acomodo en el modelo CCC.

Para fines experimentales con el modelo CCC, se aceptó una alimentación manual al mismo, buscando la máxima horizontalidad de la pieza al caer.

Se pensó que si con una alimentación manual se tenía un éxito mayor al requerido por la EMPRESA, en el momento de utilizar una alimentación mecánica controlada (en caso de que se llegue a implementar), y más exacta que la manual, el porcentaje de éxito final del modelo de acomodo sería aún mayor.

Después de analizar la tabla 7.3, se observa que los porcentajes de éxito son altos, y superiores a los requeridos por la EMPRESA como mínimo.

La 2da y 3era experimentaciones se realizaron exclusivamente en la combinación de ángulos de 60 y 70 grados de Trampas y Dientes, y con las alturas A1, A2, y A3. El número de lanzamientos para cada punto de estudio de estas últimas experimentaciones fue de 60.

(2) Segunda experimentación (con lisos derechos exclusivamente):

En todas las combinaciones experimentadas (combinaciones de D,T,y A), se obtuvo un éxito de 100%.

(3) Tercera experimentación (con lisos doblados exclusivamente):

Los resultados de la tercera experimentación se presentan a continuación en la tabla 7.4:

Tabla 7.4				
Trampa (T)	Diente (D)	A1	A2	A3
70	70	86.6%	81.6%	71.6%
70	60	85%	86.2%	85%
60	70	81.6%	83.3%	90%
60	60	85%	88.3%	86.6%

Combinando las experimentaciones segunda y tercera (lisos derechos con lisos doblados), en las proporciones de 78% derechos y 22% doblados, tenemos un total de 120 lanzamientos por punto (estos resultados con 120 lanzamientos los denominaremos la 4ta experimentación).

Comparando los resultados de la denominada 4ta experimentación junto con los de la primera tenemos:

Tabla 7.5								
T	D	1era experimentación			4ta experimentación			
		A1	A2	A3	A1	A2	A3	
70	70	97.5	97.5	100	97.0	95.9	93.7	
70	60	97.5	97.5	97.5	96.7	96.9	96.7	
60	70	97.5	100	97.5	95.9	96.3	97.8	
60	60	97.5	97.5	95	96.7	97.4	96.9	

A simple vista se puede intuir que la correlación de datos entre la 1era y 4ta experimentaciones debe de ser buena. Por ejemplo con T=70 y D=60 en A1, A2, y A3 tenemos datos muy parecidos.

Es responsabilidad de la EMPRESA el ofrecer una producción lo más regular posible con lo que el éxito del prototipo final se podría acercar a 100%, y por tanto obtener un mayor aprovechamiento de recursos.

La escasez de recursos del presente desarrollo, justifica el asumir que las condiciones óptimas de acomodo para lisos de 342mm de longitud se aplican a todas las longitudes posibles de los mismos.

b.2- Tiempos de acomodo y ángulos:

De la tabla 7.4 observamos que los resultados más atractivos son los obtenidos con alturas A2 y A3, en combinación con T=60 y

D=60, o bien en combinación con T=70 y D=60.

El tomar una decisión respecto de los mejores ángulos y alturas a escoger, depende de los tiempos de acomodo que presenten los lisos, ya que a menor tiempo, mayor disponibilidad del mismo para accionar sistemas auxiliares.

Se llevaron a cabo experimentaciones filmadas en video para analizar detalladamente el proceso de acomodo.

Se entenderá por "tiempo de acomodo", al tiempo a partir del cual comienza la caída del liso, y hasta que el ancho del mismo (2.3mm a 3.0mm dependiendo del caso) se encuentre paralelo con el plano horizontal, y con una vibración pequeña o nula.

Después de analizar con calma los tiempos de acomodo, se llegó a la conclusión de que con T=60 y D=60 se obtenía el acomodo promedio más rápido posible. Las alturas utilizadas en las experimentaciones filmadas fueron A2 y A3 (A2=155mm y A3=175mm).

Las relaciones de velocidad (normal a cámara lenta) utilizadas en el análisis con video fueron:

velocidad normal de video (VNV) = 100%

velocidad de cámara lenta (VCL) = 8.3682%

Por consiguiente 0.083682s reales, corresponden a 1.0s de tiempo real cronometrado, visto en cámara lenta.

La altura de caída definitiva a utilizar fué de A=155mm. Dicha altura se escogió debido a que con la misma se obtenían los mejores resultados combinados de tiempos de acomodo y porcentaje de éxito. La tabla 7.6 ilustra los valores de tiempo de acomodo obtenidos:

Tabla 7.6

1- 4.6s	11- 4.7s	21- 5.73s
2- 5.29s	12- 4.91s	22- 5.29s
3- 5.17s	13- 4.88s	23- 4.74s
4- 6.16s	14- 4.41s	24- 4.73s
5- 4.79s	15- 5.23s	25- 5.18s
6- 4.95s	16- 5.41s	26- 4.81s
7- 5.64s	17- 5.98s	27- 4.92s
8- 5.73s	18- 5.41s	28- 5.85s
9- 5.05s	19- 4.35s	29- 4.87s
10- 4.24s	20- 5.75s	30- 5.73s

Los datos tabulados en la tabla 7.6 no están corregidos a segundos reales todavía.

La media de los tiempos de acomodo resultó $\bar{X}_m = 5.15s$, y la desviación estandar (n-1) de $S = 0.497s$.

Sumando 3S a la media tenemos un tiempo total de acomodo (con una probabilidad del 99.73%) de 6.6412s.

Convirtiendo los 6.6412s a segundos reales por efectos de cámara lenta, tenemos un tiempo real de acomodo de 0.55575s, con una probabilidad del 99.73%.

Para manejar un margen mayor de tiempo, y utilizar cifras redondeadas, se considera que en 0.6s se lleva a cabo el acomodo del liso.

Como consideración adicional, debido a escasez de recursos, se estableció como válido el tiempo de acomodo de 0.6s, para cualquier longitud de liso.

c) Evaluación:

Aún cuando se puede considerar que con los análisis presentados hasta ahora, la evaluación de parámetros del sistema crítico está concluida, se ofrece a continuación un resumen de los mismos:

- i) Angulo de TRAMPA (T) = 60 grados.
- ii) Angulo de DIENTE (D) = 60 grados.
- iii) ALTURA DE CAIDA A = 155mm
- iv) Tiempo de acomodo de lisos de 0.6s con 99.73% de éxito.
- v) Probabilidad de éxito en el acomodo alternado de lisos con producción real de los mismos de 97.5%.

7.3- Configuración:

a) Dos trampas con un solo sistema de movimiento:

Se requieren dos trampas (T) debido a que una de ellas brindará el acomodo para la primera posición y la segunda permitirá el acomodo contrario.

Las dos trampas requeridas por el diseño no deben de causar interferencias entre sí en cuanto a trayectorias y tiempos, ni estorbar al proceso de alimentación y ensartado.

Un solo sistema de movimiento simplifica el número de piezas y la coordinación entre las mismas, por lo que se prefirió respecto de sistemas independientes para mover cada una de las trampas. La calibración de un solo elemento es menos compleja que la de varios.

En la figura 7.5 se observa el arreglo de trampas junto con el sistema motriz seleccionado (una leva), en sus vistas superior y lateral.

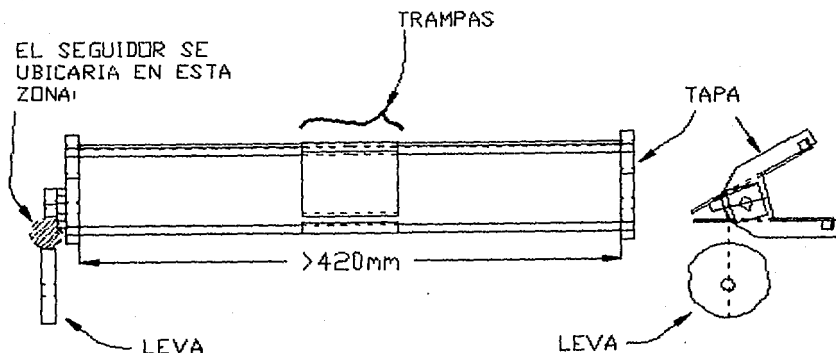


fig 7.5

Nótese que para poder manipular distintas longitudes de lisos, la separación entre tapas en la fig 7.5, es mayor de 420mm.

Más adelante, en el punto 7.4 se analizará con detalle la geometría de la leva, las posiciones y geometrías de las trampas, así como los tiempos requeridos para las distintas posiciones de las piezas mencionadas.

b) Flexibilidad en el manejo de distintas longitudes de lisos:

Con el modelo crítico CCC y la configuración de trampas presentada, se llega al arreglo o configuración del conjunto Trampas (tapas, barras y trampas), Dientes y Superficies Planas de Reposo presentado en la figura 7.6.

La figura 7.6 ilustra la distancia "F", la cual proporciona flexibilidad para mover los Dientes y Superficies Planas de Reposo, y poder manipular distintas longitudes de lisos. En la misma figura, se aprecia que los dientes nunca quedan pegados a las tapas, ya que entre tapas y dientes, se ubica la parte del liso denominada "bayoneta", durante los procesos de acomodo y ensartado.

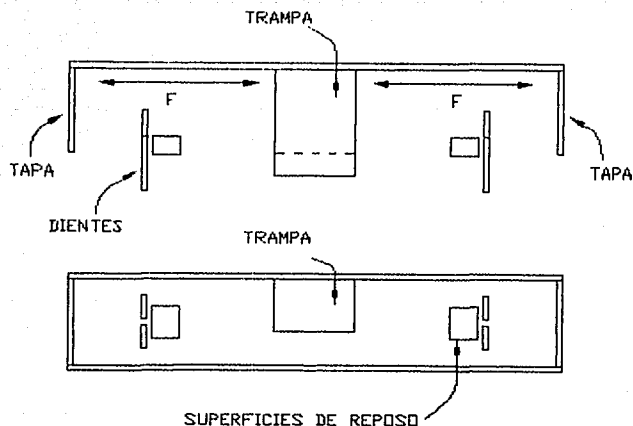


fig 7.6

c) Ensartado:

Se fabricó un modelo de ensartado "disco con canjilones" utilizando una sola flecha para su accionar, como se mencionó en el capítulo 6.

Se considera que a partir del plano de acomodo hacia abajo comienza el sistema de ensartado el cual cuenta con una geometría particular de dientes, radio de giro " r ", altura " h " etc., para poder llegar al punto de ensartado.

No debemos perder de vista, como se mencionó en el capítulo 6, que una posición exacta de la aguja, en el momento del ensartado, es indispensable debido a la naturaleza del problema (peso de los lisos, tamaño del ojal de la bayoneta, etc.).

Las geometrías particulares del sistema de ensartado se pueden observar en la figura 7.7.

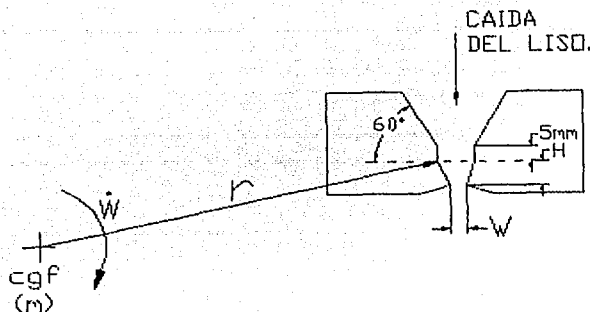


fig 7.7

Así como un video fué utilizado para observar y estudiar con detalle el proceso de acomodo de lisos en el modelo CCC, una segunda filmación se utilizó para analizar el proceso de ensartado.

Del estudio de ensartado de lisos se obtuvieron resultados favorables en cuanto a tiempos y velocidades, los cuales se comentarán en el punto 7.4.

d) Desalojo de lisos ensartados:

Una vez ensartado el liso en turno, éste deberá recorrer de manera vertical una cierta distancia "L" en un tiempo adecuado, para evitar interferencias con el movimiento de trampas. Por tanto, la sujeción de las agujas de ensartado deberá realizarse al menos a una distancia "L + espesor del liso", por debajo del punto de ensartado.

Si deseamos un desalojo adecuado de lisos, es necesario contar con una doble sujeción en cada aguja de ensartado. La doble sujeción deberá alternar su accionar de acuerdo con la secuencia que se presenta en la figura 7.8. La secuencia de la figura 7.8 es cíclica como es de esperarse, y el desalojo de lisos se lleva a cabo de manera vertical.

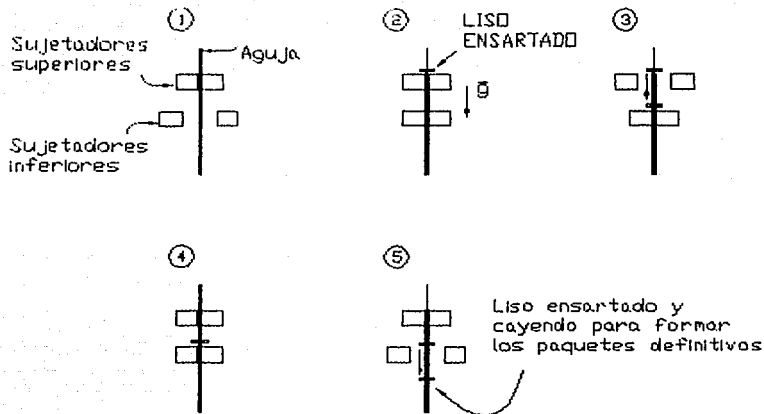


fig 7.8

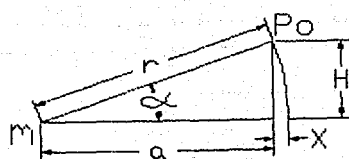
e) Acoplado a la troqueladora de la EMPRESA:

Debido a que la troqueladora cuenta con una flecha que gira de manera continua a 55rpm , se pensó aprovechar dicho movimiento para accionar (a través de bandas dentadas o cadenas) los sistemas del ordenador.

7.4- Cálculos:

a) Geometría de los dientes y razones:

La figura 7.9 muestra los triángulos utilizados para el análisis que se presenta a continuación. De dicha figura tenemos que la distancia PoP_1 es de 5mm. Esta distancia corresponde a los 5mm con los que cuenta la pieza "M3" del anexo CCC para el acomodo del liso de manera horizontal.

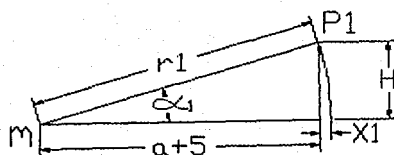


$$r = a + X$$

$$\tan \alpha = H/a$$

$$\sin \alpha = H/r$$

$$\cos \alpha = a/r$$



$$r = a + 5 + X1$$

$$\tan \alpha_1 = H/(a+5)$$

$$\sin \alpha_1 = (a+5)/r1$$

$$\cos \alpha_1 = H/r1$$

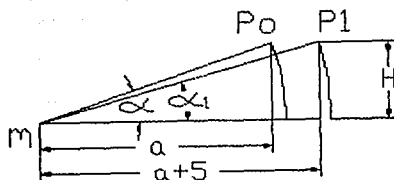


fig 7.9

La altura "H" de los triángulos, es la distancia vertical que recorren los lisos desde el punto de acomodo hasta el ensardo. Es importante observar que el eje de giro ilustrado en la figura 7.9 como "m" se encuentra alineado horizontalmente con el punto de ensartado, y que los planos de acomodo de lisos (canjilones) giran alrededor de dicho eje.

La figura 7.10 presenta un análisis más detallado de las trayectorias descritas por los puntos P0 y P1 al girar alrededor de "m".

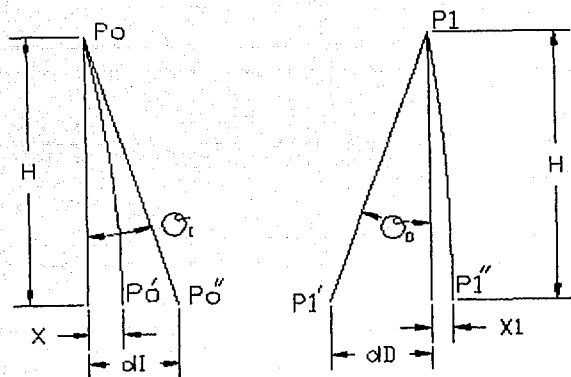


fig 7.10

Suponiendo que los planos descritos por P_oP_o' y P_1P_1' no existiesen, un liso que en principio reposa en el plano horizontal P_oP_1 tocando P_o , al girar, uno de sus bordes (el borde reposante sobre P_o), se desplazaría hasta P_o'' . Si un liso reposa horizontal y toca al punto P_1 , al girar el sistema, el borde ubicado en P_1 llegaría a P_1'' . En cada caso, el desplazamiento horizontal de los lisos sería o bien X , o bien X_1 .

La finalidad del análisis de triángulos presentado hasta ahora es poder reducir la anchura P_oP_1 hasta P_oP_1' , por lo que las trayectorias naturales de los lisos hacia P_o'' y P_1'' se deben alterar.

Se decidió restringir la distancia $P_oP_1=5\text{mm}$ hasta $P_oP_1'=2.4\text{mm}$ y hasta $P_oP_1=3.1\text{mm}$ para lisos de 2.3mm y de 3.0mm respectivamente.

De manera final, se obtiene en el punto de ensartado, una holgura de 0.1mm entre el ancho de dientes y el ancho del liso. Con dicha holgura, el riesgo de que el ojal de la bayoneta no se ensarte es inexistente ya que el ancho de dicho ojal es mayor de 1mm en su parte central.

Con los triángulos anteriores y lisos de 2.3mm se llega al

siguiente sistema de ecuaciones:

$$dr + db = 2.6mm \quad (1)$$

$$dr - X = db + X_1 \quad (2)$$

$$\therefore dr + db = 2.6mm \quad (1)$$

$$dr - db = X_1 + X \quad (2.1)$$

El sistema anterior encuentra su razón de existir debido a que los arrastres que se presentan en los lisos, al moverse de P_o a P_r y de P_i a P_r , llegando a P_r y P_r , deben de ser iguales en magnitud, para que la probabilidad de falla en cualquiera de los dos casos sea lo más equilibrada posible. De esta forma se evita, de manera más exitosa, el que en un momento dado, el ensartado de un lado tenga mayor porcentaje de eficiencia que el otro.

Con base en el sistema de ecuaciones anterior y en la figura 7.9 se analizaron distintas opciones de "H" (5, 10, y 15mm) y "a" (80, 100, 150, y 200mm) escogiendo finalmente los valores de la tabla 7.7:

Tabla 7.7

a	H	α	r	X
100	10	5.71	100.498	0.498
α_1	r_1	X_1	dr	db
5.44	105.475	0.475	1.737	0.736
$-(X+X_1)$	θ_r	θ_d	$(db+X_1)$	
-0.974	9.853	4.364	1.238	

Todos los valores de la tabla anterior se encuentran en mm excepto α , α_1 , θ_r , y θ_d , que están en grados.

Algunas justificaciones del porqué se escogió la tabla 7.7 son:

- La distancia de arrastre ($db+X_1$) resultó menor a la mayoría de los demás datos tabulados.
- $dr \approx 1.8mm$ y $db \approx 1.3mm$ lo que facilita la fabricación por ser cifras "cerradas".
- Por intuición y experiencia acumulada en el manipuleo de lisos.

Dibujos detallados de las piezas denominadas "Dientes", se pueden consultar en el anexo A.

Como consecuencia adicional de las geometrías de los dientes, tenemos que la localización del punto de ensartado estará en:

eje x; $(-2.5mm + 1.8mm + (2.4/2)mm) = 0.5mm$ eje y; $-10mm = -10mm$

El origen del sistema se encuentra en $(P_o P_i/2)$.

b) Análisis de la geometría del ojal:

Con la información de las tablas 4.1 y 4.2 (d_1 , d_2 , d_3 , d_4 , d_5) así como de las figuras 4.9 y 4.10, podemos obtener un ojal idealizado con rectas y_1 , y_2 , y_3 , y_4 como se ilustra en la figura 7.11.

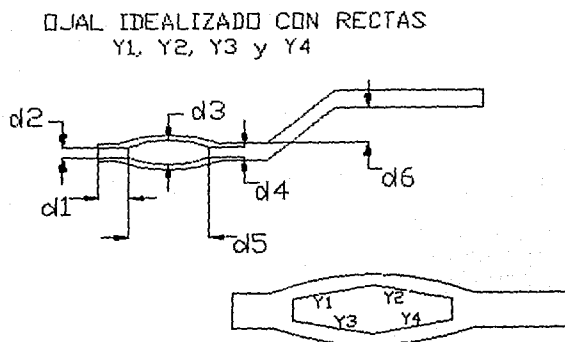


fig 7.11

Con d_1 y d_5 se tiene la localización del centro del ojal respecto del final del liso en los casos de menores y mayores distancias.

Tabla 7.8

	-3S	d_1	3S	-3S	d_5	3S
a) Con chino	4.02	5.45	6.88	13.98	14.51	15.04
b) Sin chino	4.69	6.52	8.35	13.75	14.36	14.96

Para el caso con chino:

$$4.02 + (13.98/2) = 11.01$$

$$6.88 + (15.04/2) = 14.4$$

11.01mm y 14.04mm nos indican los valores extremos de la ubicación del centro del ojal con chino, por lo que la variación en la ubicación del mismo respecto del extremo del liso es de $|14.04 - 11.01| = 3.39\text{mm}$.

Para el caso sin chino, siguiendo el mismo procedimiento que para el caso con chino, tenemos:

$$4.69 + (13.75/2) = 11.565$$

$$8.35 + (14.96/2) = 15.83$$

$$|15.83 - 11.565| = 4.265$$

∴ 4.265mm será la variación en la ubicación del centro del ojal sin chino respecto del extremo del liso del mismo lado.

Usando la mayor variación para cubrir la menor, y sumando 1.4mm (máxima variación de $L =$ longitud del liso) llegamos a:
 $4.265 + 1.4 = 5.665\text{mm} \cong 5.7\text{mm}$

Suponiendo que la aguja de ensartado cuenta con un diámetro de 0.5mm:

$$5.7 + 0.25 = 5.95\text{mm} \cong 6.0\text{mm}$$

∴ 6.0mm es la máxima variación que puede tener el ojal de la bayoneta respecto de una posición fija de ensartado, siempre y cuando el extremo contrario de la pieza troquelada (liso) esté ubicado en una referencia preestablecida.

Si aceptamos un juego máximo de 2mm entre el extremo del liso y la referencia preestablecida, tenemos $6 + 2 = 8\text{mm}$ como nuevo valor de máxima variación.

Es posible seguir ajustando el valor de máxima variación; por ejemplo:

Las distancias de los extremos a los puntos medios de los ojales de bayonetas (promedio) son 12.705mm con chino y 13.7mm sin chino, llegando a $|13.7 - 12.705| \cong 1\text{mm}$. El milímetro establecido dividido entre 2, y sumado a 8mm, da un resultado de 8.5mm, el cual se puede redondear a 9mm.

De manera definitiva se establece que 9mm es la distancia de máxima variación del largo del ojal que se utilizará.

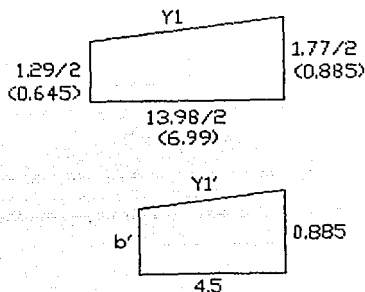
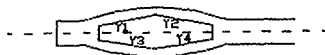
En la figura 7.12 se ofrece un análisis de cuál es el ancho máximo aprovechable de los ojales.

Las conclusiones del análisis del ojal son:

- i) Menor anchura de ojal con $2y_1 = 1.46098\text{mm}$.
- ii) Máxima variación de la posición del centro del ojal a lo largo del eje longitudinal del liso, de 9mm.
- iii) Holgura entre la referencia preestablecida y el liso $\leq 2\text{mm}$.
- iv) Los lisos de la EMPRESA brindan un ojal no menor a 9mm de largo y 1.46098mm de ancho, para realizar el ensartado.

EN BASE A LA FIGURA 7.9 Y AL OJAL IDEALIZADO CON RECTAS, PODEMOS EVALUAR CUAL ES EL ANCHO MAXIMO QUE SE PRESENTA EN LOS HOJALES (CON O SIN CHINO), SABRIENDO QUE LA LONGITUD DE LOS MISMOS ES DE 9mm.

Dividiendo el ojal idealizado por la mitad utilizando valores de d_2 , d_3 , d_4 , y d_5 de la tabla 4.1, se tiene el siguiente análisis:



$$Y1 = m1X + b$$

$$m1 = 0.0343$$

$$Y1' = m1'X + b'$$

Con el valor de $m1$ igual al de $m1'$, obtengo b' el cual representa la mitad del ancho del ojal en su parte más angosta.

Después de realizar las operaciones necesarias, se llega a un valor de $b' = 0.730493\text{mm}$, y se obtiene por tanto, que el ancho del ojal será de $2b' = 1.46\text{mm}$.

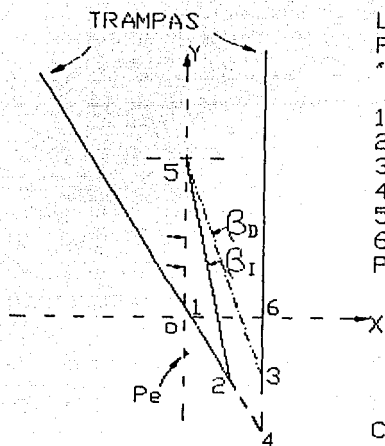
Acotaciones en mm.

fig 7.12

C) Posiciones de trampas y tiempos:

En el punto 7.2, se menciona que se cuenta con un tiempo de acomodo de lisos de 0.6s, por lo que en 0.49s, se debe de ensartar el liso en turno y dejar todos los sistemas listos para la recepción del siguiente.

Una vista lateral de las trampas, apreciando las coordenadas de localización de los puntos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, y P_E (punto de ensartado), así como los ángulos β_1 y β_0 , se presenta en la figura 7.13. Es muy importante mencionar que la distancia existente entre los puntos 1 y 2 de la figura en cuestión, se determinó a partir del video utilizado para establecer los tiempos de acomodo de lisos, en el cual también se registró el proceso de deflexión de los mismos.



LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS RESPECTO DEL ORIGEN "O", SON LAS SIGUIENTES:

- 1 (2,0)
- 2 (12,-17.3205)
- 3 (19.7274,-15.7499)
- 4 (19.7274,-30.7047)
- 5 (0,42.9189)
- 6 (19.7274,0)
- Pe (0.5,-10)

Coordenadas en mm.

fig 7.13

La tabla 7.9 muestra las deflexiones sufridas por los lisos durante el acomodo. La deflexión se midió en el punto medio entre dientes del modelo CCC, gracias a la graduación de la trampa central, a partir del plano horizontal de acomodo hacia abajo.

Tabla 7.9

1- 0.5	11- 1.1	21- 0.9
2- 1.0	12- 1.3	22- 1.0
3- 0.4	13- 1.0	23- 1.0
4- 1.0	14- 1.0	24- 0.9
5- 0.8	15- 0.4	25- 0.65
6- 0.7	16- 1.0	26- 0.4
7- 0.7	17- 0.9	27- 0.9
8- 1.0	18- 1.0	28- 1.15
9- 1.0	19- 1.25	29- 1.1
10- 0.7	20- 0.9	30- 0.9

(Deflexiones en cm)

De la tabla 7.9 se obtiene una deflexión promedio $\bar{x}=0.87333\text{cm}$ y una desviación estándar $S(n-1) = 0.23915$.

La deflexión con 99.73% de probabilidades es $\bar{x}+3S(n-1)=1.59\text{cm}$.

(I) Como conclusiones de la tabla 7.9, y de la figura 7.13,

tenemos:

i) La distancia de 1 a 2 se estableció de 2cm.

ii) La distancia de 2 a 3 quedó de 8mm, buscando el menor desplazamiento de trampas y un libramiento adecuado de lisos al pasar por dicha sección.

(II) La secuencia de movimientos de trampas siendo el punto 5 el centro de giro de las mismas es la siguiente:

a- Recepción y acomodo del liso non (primer liso).

b- Movimiento de trampas para permitir el ensartado del liso non.

c- Esperar a que se lleve a cabo el ensartado del liso non.

d- Movimiento de trampas para recepción del liso par (liso contrario).

e- Recepción y acomodo del liso par.

f- Movimiento de trampas para permitir el ensartado del liso par.

g- Esperar a que se lleve a cabo el ensartado del liso par.

h- Movimiento de trampas para recibir el segundo liso non.

i- Se repite el ciclo comenzando en "a", y hasta "h".

(III) Los valores de β_1 y β_2 dentro de la secuencia de movimientos anteriores son:

β_1 (grados) β_2 (grados)

a- 11.266 18.733 Recepción y acomodo del liso non.

b- Movimiento de trampas para permitir el ensartado del liso non.

c- -0.6763 6.7914 Ensartado del liso non.

d- Movimiento de trampas para recibir el liso par.

e- -18.7338 -11.266 Recepción y acomodo del liso par.

f- Movimiento de trampas para permitir el ensartado del liso par.

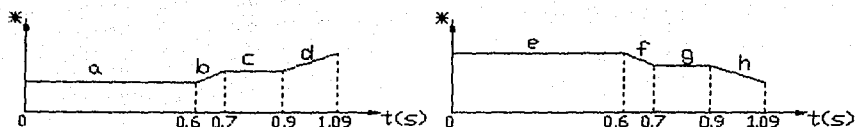
g- -5.8584 1.609 Ensartado del liso par.

h- Movimiento de trampas para recibir al siguiente liso non.

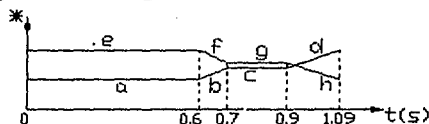
i- Se repite el ciclo desde "a", hasta "h".

Con los ángulos y posiciones anteriores se garantiza la no interferencia de lisos y trampas.

Las posiciones de las trampas en el tiempo, durante dos ciclos (un liso non y un liso par), se presentan en la figura 7.14.



Empalmando las gráficas desde la letra "a" a la "h" tenemos la siguiente figura:



*En el caso particular de esta gráfica, el eje de las abscisas representa el desplazamiento lineal que el seguidor de la leva, localizado a 20mm por debajo del origen del sistema de trampas, realiza, para obtener los ángulos de desplazamiento deseados en el sistema de trampas.

fig 7.14

d) Geometría de la Leva:

Se decidió mover el conjunto de trampas con una leva que girase a 27.5 rpm, realizando las operaciones "a", "b", "c", y "d" descritas en el punto anterior, de 0 a 180 grados de rotación, con los ángulos y tiempos adecuados, y las operaciones "e", "f", "g" y "h", de 180 a 360 grados, con los ángulos y tiempos adecuados.

Se escogió un seguidor radial colocado de manera horizontal a 20mm por debajo del eje de rotación de las trampas.

Los tiempos de trabajo de la leva en coordinación con la secuencia establecida de "a" hasta "h" se diseñaron como sigue:

De $t_1=0.0s$ a $t_2=0.6s$ Recepción y acomodo del liso.

De $t_3=0.6s$ a $t_4=0.7s$ Se mueven las trampas para permitir el ensartado.

De $t_5=0.7s$ a $t_6=0.9s$ Se ensarta el liso correspondiente y se libran las trampas.

De $t_7=0.9s$ a $t_8=1.09s$ Se mueven las trampas para recibir al liso contrario.

Cabe mencionar que 0.1s corresponden a 16.5 grados de rotación.

Se sabe en estos momentos que en $t=0.7s$ comienza el movimiento del mecanismo intermitente, para llevar a cabo la operación de ensartado, que en $t=0.9s$ se debieron de librar las trampas y el liso debiera de estar ensartado. En $t=1.09s$ los sistemas deben de estar listos para la recepción del siguiente liso.

El ciclo de tiempos descrito se repite con cada nuevo liso que se alimenta al prototipo propuesto.

La gráfica del ciclo de la leva en el tiempo se presenta en la figura 7.15.

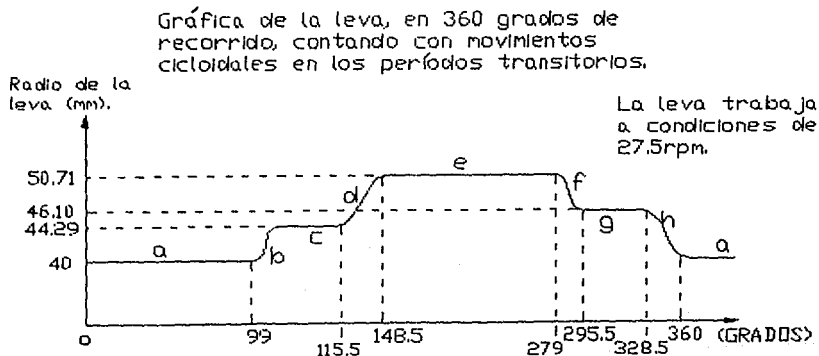


fig 7.15

La secuencia de transitorios de la leva, así como los distintos valores radiales de la misma se presentan en la tabla 7.10.

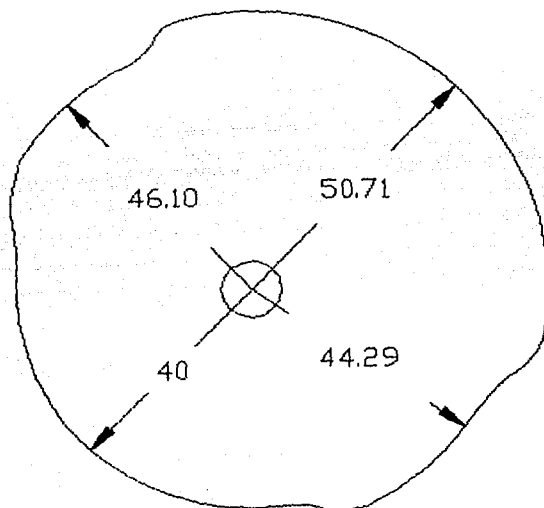
Tabla 7.10

- 40.0mm a 44.29mm.
- 44.29mm a 50.71mm.
- 50.71mm a 46.10mm.
- 46.10mm a 40.0mm

Los movimientos transitorios de la leva se propusieron como armónicos simples, pero gracias al uso de software desarrollado en

la Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. (para diseño de levas), y alimentando datos como velocidad angular, radios, y cargas (se propuso una carga de 5kg), se llegó a que los transitorios de la leva deberían de ser cicloidales.

Con toda la información geométrica previa, y movimientos transitorios cicloidales, se obtuvo el siguiente dibujo aproximado de la leva (fig 7.16):



ACOTACIONES EN mm.

fig 7.16

d) Angulo de canchilones (interferencia con caída de lisos y ensartado de los mismos):

Ensamblando una vista lateral de diversas piezas (ruedas, canchilones, trampas, tapas de trampas) y suponiendo un espacio de 20mm de ancho para la caída libre de lisos, tenemos que con 45 grados de separación entre canchilones se produce interferencia

entre estos últimos y las piezas que caen, como se observa en la figura 7.17.

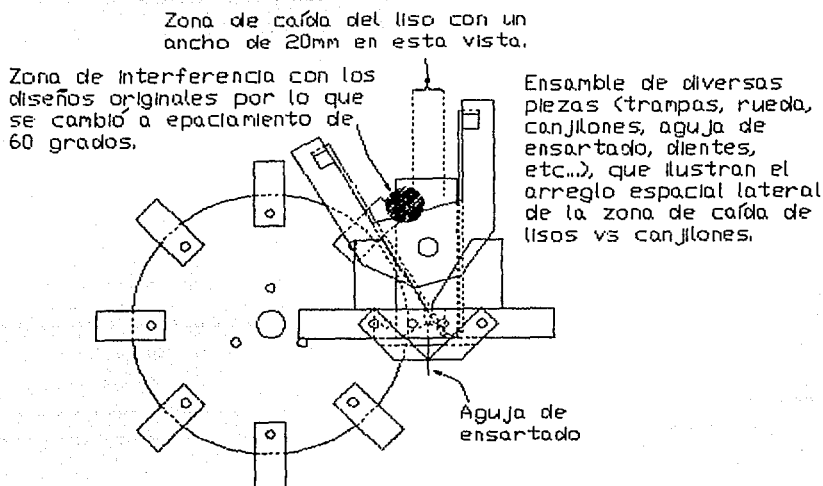
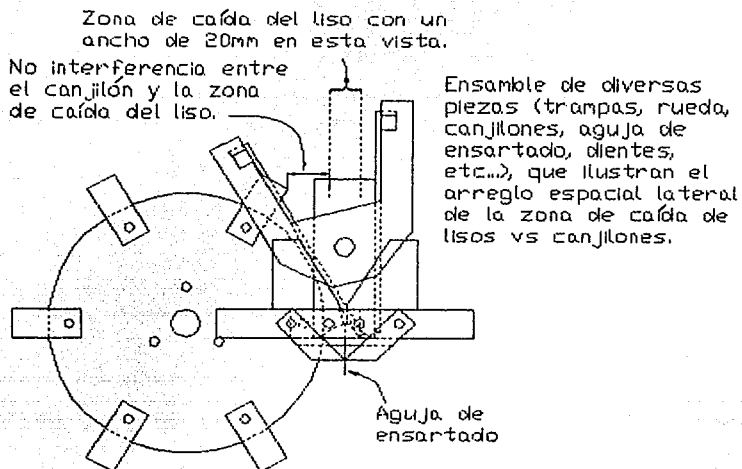


fig 7.17

Tomando como base la figura 7.17, se observa que no es del todo recomendable espaciar los canchales a 45 grados entre sí, ya que el accionar entre lisos que caen y canchales no sería totalmente satisfactorio.

La figura 7.18 ilustra, al igual que la figura 7.17, el ensamblaje de diversas piezas en vista lateral, pero con 6 canchales exclusivamente, lo que significa que el espaciado entre los mismos es de 60 grados. Con el espaciado de 60 grados entre canchales no se presentan interferencias como las referidas en la figura 7.17.



En este caso en particular no existe interferencia entre el canchón en turno y la zona de caída de lisos, gracias al espaciamiento de 60 grados entre canchiones.

fig 7.18

f) Detalle de sujeción de agujas, agujas y zona de ensartado:

Con anterioridad (en el punto 7.4.a) se estableció que el origen de los dibujos en las vistas laterales se encontraría ubicado en $(PoP_i)/2$.

En el punto 7.4.a, se determinó que la punta de la aguja de ensartado se ubicaría en $(0.5, -10)$.

En el punto 6.6 figura 6.20, se habla de una distancia "J" de recorrido para ensartar, la cual quedó establecida de 10mm. Debido a las geometrías de las trampas, es necesario que exista una distancia "K" desde el punto de ensartado hasta la sujeción de las agujas de tal manera que el liso ensartado repose sobre las sujeciones superiores de las agujas, pero por debajo de la trayectoria descrita por las trampas en su accionar. La distancia "K" se especificó en 15mm como lo ilustra la figura 7.19.

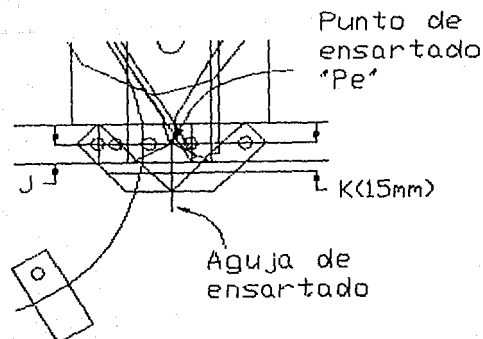


fig 7.19

g) Rueda de Ginebra:

g.1- Tiempos de ensartado y libramiento de trampas:

En este momento se conoce que el espaciamiento entre canchilones es de 60 grados. Se conoce también que el tiempo disponible para rotar los canchilones 60 grados, ensartar los lisos y preparar los sistemas para recibir la siguiente pieza es de 0.39s como máximo, y que el movimiento de 60 grados debe ser intermitente (0.7s estático y 0.39s de movimiento dinámico).

El mecanismo seleccionado para realizar exitosamente las operaciones anteriores fué la Rueda de Ginebra o Rueda de Malta.

El triángulo que sirvió de base para el análisis dinámico de la Rueda se observa en la figura 7.20. Son de particular interés los valores de α ya que dicho ángulo representa el desplazamiento de los canchilones con los lisos reposando sobre los mismos.

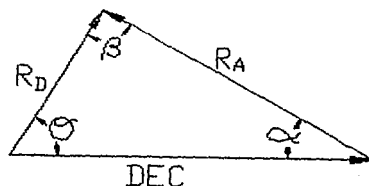


fig 7.20

La tabla 7.11 nos muestra los valores de α analizados.

Tabla 7.11

α = 30 grados (reposo, y proceso de acomodo del liso en turno).
 α = 24.56 grados (Ensartado de los lisos pares).
 α = 24.28 grados (Ensartado de los lisos nones).
 α = 17 grados (libramiento de trampas).
 α = 10 grados
 α = 5 grados.
 α = 0 grados.

Las características dinámicas de la Rueda de Ginebra presentan simetría; por ejemplo, en nuestro caso particular, las condiciones existentes de 30 a 0 grados se repiten de 0 a -30 grados.

En el anexo R.G. se presentan las ecuaciones dinámicas utilizadas para el presente análisis, así como la tabulación correspondiente, completa.

El radio del elemento impulsor " R_D " de la figura 7.20 es variable, mientras que el radio " R_A " de la misma figura no lo es, y cuenta con un valor fijo de 60mm.

En la tabla 7.12 se presentan los datos de tiempo y aceleración generados por en el análisis dinámico de la Rueda de Ginebra, en los puntos correspondientes a los valores de α tabulados en la tabla 7.11.

Tabla 7.12

α	rotación	tiempo(t)	aceleración(α)
30	0	0.0s	33.173(rad/s)
24.56	5.44	0.0858s	95.445(rad/s)
24.28	5.71	0.0876s	96.833(rad/s)
17	13	0.1248s	108.34(rad/s)
10	20	0.1505s	80.219(rad/s)
5	25	0.1665s	43.582(rad/s)
0	30	0.1818s	0.0 (rad/s)
-30	60	0.3636s	-33.173(rad/s)

(los valores de α y rotación están en grados)

El ciclo final de movimientos en el tiempo de los distintos sistemas del prototipo se presenta en la tabla 7.13.

Tabla 7.13

- i) De $t=0.0s$ a $t=0.6s$ se acomoda el liso.
- ii) De $t=0.6s$ a $t=0.7s$ se mueven las trampas para dejar pasar lisos.
- iii) En $t=0.7s$ comienza el movimiento de la Rueda de Ginebra.
- iv) De $t=0.7s$ a $t=0.7876s$ se lleva a cabo el ensartado.
- v) De $t=0.7879s$ a $t=0.825s$ se libran las trampas.

Tabla 7.13 continuación:

- vi) En $t=1.0636s$ termina el movimiento de la Rueda de Ginebra.
- vii) En $t=1.09s$ todos los sistemas están listos para recibir el siguiente liso.

De 0.39s disponibles originalmente para rotar 60 grados, la Rueda de Ginebra utilizó 0.36s exclusivamente.

g.2- Aceleración al ensartado:

Como criterio se estableció que la aceleración lineal de los canjilones, y por tanto de los lisos transportados, en el punto de ensartado, y previa al mismo, debería de ser menor a la gravedad en la Cd. de México. Es decir, $(\alpha)(R_E) < g_{p.F.}$, ya que con dicho criterio se garantiza que por efectos de aceleración exclusivamente, el liso permanecerá sobre la superficie plana del canjilón, sobre la cual reposa.

$$R_E = 100.5mm$$

$$\alpha = 96.833(rad/s) \text{ (de la tabla 7.12).}$$

$$g_{p.F.} = 9.78(m/s^2).$$

Realizando las transformaciones de unidades adecuadas, se obtiene un valor de aceleración lineal en el punto de ensartado de $9.731 (m/s^2)$. Al obtener un valor de aceleración menor que $g_{p.F.}$, el riesgo de que el liso quede suspendido en el aire durante la trayectoria hacia la aguja de ensartado por efectos exclusivos de gravedad, no existe.

Sabemos que la troqueladora podría trabajar al menos 5% más lento que 55rpm por lo que la aceleración de interés sería todavía menor a $9.731 (m/s^2)$.

7.5- Información Comercial:

Existen catálogos de maquinaria de precisión, bandas dentadas, baleros, etc., de donde se pueden obtener las especificaciones necesarias de los distintos componentes.

Aún cuando los catálogos son muy buena guía, se puede dar el caso de que cierto tipo de aplicaciones no queden cubiertas por los mismos, por lo que el hablar personalmente con distribuidores de

equipo y componentes no se debe descartar.

7.6- Planos:

En el anexo A se presentan dibujos individuales de las principales piezas diseñadas.

a) Comentarios acerca de las piezas diseñadas:

Durante el desarrollo de los distintos componentes del prototipo en cuestión, se luchó por mantener en máxima simplicidad la fabricación, tolerancias, etc., sin perder de vista la funcionalidad de los sistemas ni los recursos disponibles para la materialización de piezas.

No es objetivo del presente trabajo analizar con profundidad los detalles geométricos de las piezas, pero sí es requerimiento del proyecto, el obtener una congruencia entre diseño, fabricación, tiempo y costo.

b) Comentarios acerca de la ubicación del prototipo vs el bastidor y flecha de la troqueladora de la EMPRESA:

Al proponer una alimentación con resbaladilla a partir del punto de entrega actual del equipo de la EMPRESA, a condiciones de 50mm, -50mm, en vista lateral de la troqueladora; con el equipo de la EMPRESA del lado izquierdo de la vista, y el futuro prototipo del lado derecho, fue necesario confirmar si existirían problemas geométricos de interferencia entre el bastidor actual y el prototipo.

La figura 7.21 muestra el ensamble lateral del prototipo hasta lo alcanzado en el presente trabajo, y se puede apreciar la no interferencia entre el bastidor actual de la EMPRESA, y la máquina propuesta.

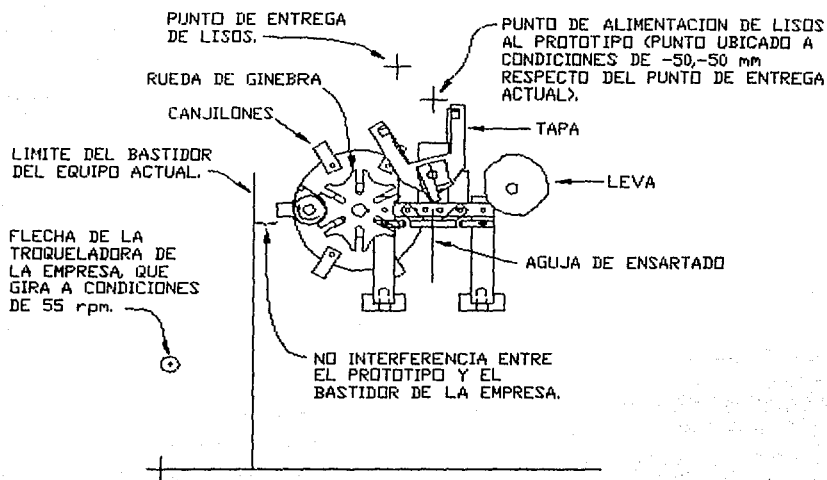


fig 7.21

8- RESULTADOS Y CONSLUSIONES:

8.1- Originalidad:

Hablar de originalidad en un prototipo que no contaba con ninguna propuesta funcional es complejo, sin embargo considero que el interés por buscar lo sencillo dentro de un diseño es correcto y el comprender este problema en particular desde una perspectiva probabilística fue una buena aportación.

Considero que la solución conceptual del diseño tratado en la presente tesis resultó ser muy sencilla.

Si comprendemos por "originalidad" a la capacidad de proponer arreglos físicos de distintos elementos en búsqueda de resultados favorables logrando sencillez y éxito, entonces el presente trabajo es "original", ya que por ejemplo, en el modelo CCC la eficiencia de acomodo alternado de lisos resultó ser mayor al 95%.

8.2- Metodología de trabajo:

La metodología se relaciona en buena medida con los recursos económicos y experiencia disponibles. Durante el presente proyecto la escasez de recursos económicos dentro de la U.N.A.M. y CDM, así como por parte de la EMPRESA, no facilitaron la finalización exitosa del diseño realizado, y la posibilidad de ver materializadas y funcionando ideas y mecanismos propuestos.

8.3- Aportaciones:

- a) Experiencia para el CDM y para mí como profesionista.
- b) Procedimientos útiles y exitosos para atacar problemáticas que involucren alimentadores y piezas con comportamiento aleatorio.
- c) Haber demostrado que se pueden generar ideas funcionales y correctas superiores a las de otras naciones consideradas como primer mundistas.

8.4- Mérito técnico:

- a) Haber propuesto un conjunto de sistemas cuyo funcionamiento coordinado contase con alta probabilidad de éxito para el caso analizado.
- b) El éxito de la propuesta se corroboró en parte gracias a que el prototipo fabricado en el CDM (respetando los principios establecidos en la presente tesis), pudo acomodar y ensartar lisos duplex de manera alternada al recibir energía a través de un accionamiento manual.
- c) Haber creado una solución simple y factible a una dificultad que se llegó a considerar irresoluble.

8.5-¿ Qué se logró de lo esperado ?

- a) En cuanto a los objetivos de la presente tesis, se cumplió el presentar una problemática industrial actual en México, y se cumplió con proponer una solución.
- b) El presentar la labor realizada para la obtención del prototipo propuesto hasta la fase de diseño de detalle también se logró.
- c) Una expectativa que no forma parte de la presente tesis corresponde al entregar un prototipo funcional a la EMPRESA:

De este punto, se puede decir que circunstancias derivadas de una cotización inicial baja por parte del CDM a la EMPRESA, junto con una organización y funcionalidad UNIVERSIDAD-INDUSTRIA poco practicada en México, así como posibles variaciones en el mercado de lisos de la EMPRESA, en cuanto a parámetros temporales de demandas esperadas (10 a 15 años de mercado en México para lisos duplex ensartados alternadamente de manera automática), contribuyeron a que al cabo de casi 3 años de trabajo, se entregase en julio de 1993 un prototipo que se había probado manualmente como se mencionó en el punto 8.4.

Durante el acoplado del prototipo a la troqueladora de la EMPRESA, se presentaron dificultades como consecuencia de que las piezas fabricadas, y los sistemas ensamblados requerían ajustes, y por tanto mayor inversión económica. La EMPRESA se negó a invertir

dinero en el prototipo entregado aún cuando se le explicó que una mayor inversión económica permitiría corregir detalles y obtener un funcionamiento adecuado del conjunto Troqueladora-Prototipo.

Nos podemos preguntar ¿porqué la EMPRESA no quiso invertir mayores recursos en un prototipo considerado por el CDM como funcional en un 80%, si es que las perspectivas de su mercado eran de 10 a 15 años de demanda y venta? ¿No habrá sufrido algún cambio el mercado de lisos duplex, por lo que las expectativas se redujeron, por ejemplo, a 7 años como máximo, y con el tiempo invertido en la fabricación del prototipo, ya no resultaba interesante el canalizar un poco de dinero para arrancar una máquina que todavía presentaba incertidumbres?

8.6- Acciones futuras:

- a) Cotizar y evaluar de manera adecuada futuros proyectos dentro del CDM, y crear un buen vínculo con la industria mexicana para llevar a cabo exitosamente iniciativas de innovación y mejora, de manera conjunta.
- b) Canalizar mayor cantidad de recursos a la investigación y experimentación práctica, buscando competir en calidad y precio en mercados nacionales e internacionales.
- c) Concientizar a los empresarios del valor de sus experiencias, para que en colaboración con los centros de investigación se puedan lograr resultados correctos en poco tiempo.
- d) Alentar a los jóvenes a pensar y experimentar, para comenzar a sembrar la semilla del "sí se puede competir", y que los desarrollos mexicanos pueden ser tan buenos o mejores que los de otros países.
- e) Las empresas y universidades del país deben cambiar sus estructuras para poder trabajar con eficiencia de manera conjunta.

8.7- Recomendaciones:

- a) No inhibirse ante problemáticas técnicas o de cualquier índole,

y proceder con entusiasmo, ordenadamente y sin miedo a experimentar, ya que solo así se puede canalizar la energía hacia las mejores soluciones posibles, con altas probabilidades de éxito.

8.8- Valor de la creatividad:

a) La creatividad y las soluciones a cualquier tipo de problemas son difíciles de evaluar hasta no ver resultados tangibles, pero es innegable que cuando llega a cristalizar una propuesta de solución referente a cualquier tipo de situación, mucha gente dice "pues claro es muy sencillo".

b) No debemos aceptar lo establecido como si fuese una ley, sino que tenemos la obligación de promover la creatividad y el entusiasmo en los seres humanos para buscar un mayor equilibrio global (social, personal, económico, ecológico y mundial).

c) No perder de vista que el aterrizar y materializar ideas es vital para poder participar en los procesos comerciales y económicos de mejor manera, y que el perderse en la creatividad infinita puede resultar peligroso, pero el no utilizarla también.

9- BIBLIOGRAFIA:

- 1- Joseph E. Shigley, Larry D. Mitchell, Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. McGraw-Hill, Tr. Francisco Paniagua B, D.R. @ 1985, Mexico.
- 2- R. C. Hibbeler, Mecánica para Ingenieros Dinámica, 2da edición, Ed. Continental S.A. de C.V., segunda reimpresión, 1989 México.
- 3- Joseph E. Shigley, John J. Huicker Jr., Teoría de Máquinas y Mecanismos, Ed. McGraw-Hill, Tr. Ing. Hortensia C., D.R. @ 1983, México.
- 4- Edward Krick, Fundamentos de Ingeniería. Métodos. Conceptos y Resultados, Ed Limusa, Tr. Rafael García Díaz, 3ra reimpresión, D.R. @ 1989, México D.F.
- 5- Miguel Angel Corzo, Introducción a la Ingeniería de Proyectos, Ed. Limusa, Decimaprimera reimpresión 1990, D.R. @ 1990, Impreso en México.
- 6- F. Garzo, F. García, Estadística, Ed. McGraw-Hill, D.R. @ 1988, Impreso en España.
- 7- Edward de Bono, Lateral Thinking: Creativity Step by Step, Ed. Harper Colophon, D.R @ 1970, 1973, New York U.S.A.

ANEXO A:

(DIBUJOS DE LAS PRINCIPALES PIEZAS DISEÑADAS PARA EL PROTOTIPO)

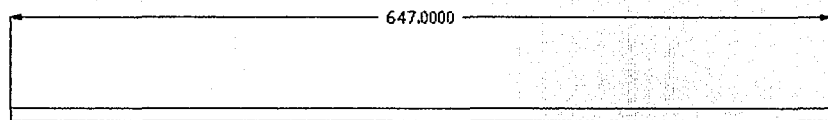
Lista de piezas del presente anexo:

- 1- SOPORTE TRAMPAS
- 2- BSCD1
- 3- DIDE (DIENTE)
- 4- DITA (DIENTE)
- 5- GUIA LATERAL
- 6- MAMELON
- 7- TAPA
- 8- TRAMPAS
- 9- TAPA Y TRAMPAS
- 10- PERNO
- 11- RUEDA CON CANJILONES
- 12- SUJETADORES AGUJAS MOVILES (SAM)
- 13- SOPORTE GUIAS LATERALES Y SUJETADORES AGUJAS MOVILES (SGLSAM)
- 14- BDGL
- 15- CANJILON
- 16- LEVA
- 17- RUEDA DE GINEBRA
- 18- PRUEBA1 (ENSAMBLE SENCILLO)
- 19- ENSAMBLE MAS ELABORADO

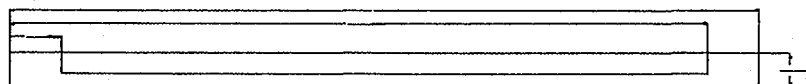
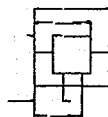
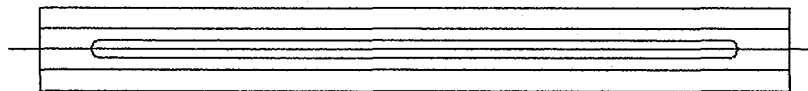
Las acotaciones de los dibujos presentados en este anexo, se encuentran en mm.

Debido a que la realización detallada de planos no forma parte de los alcances de la presente tesis, las piezas que se presentan a continuación no son planos de definición, sino dibujos preliminares para la realización final del prototipo, por lo que no cumplen totalmente con la normatividad correspondiente.

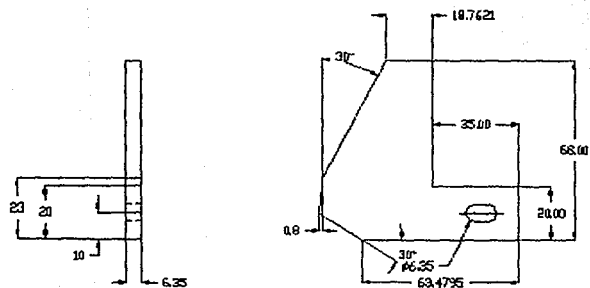
1- SOPORTE TRAMPAS:



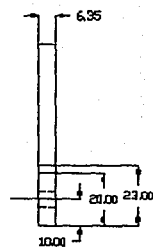
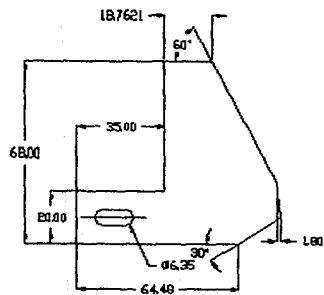
2- BSCD1:



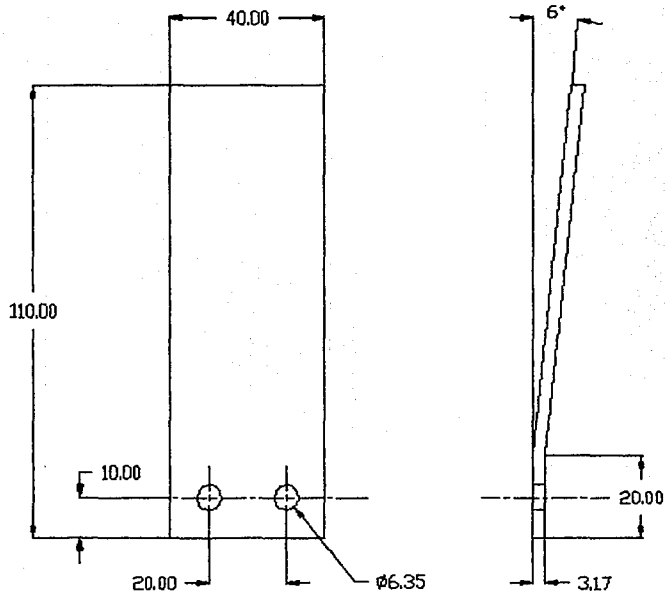
3- DIDE (DIENTE):



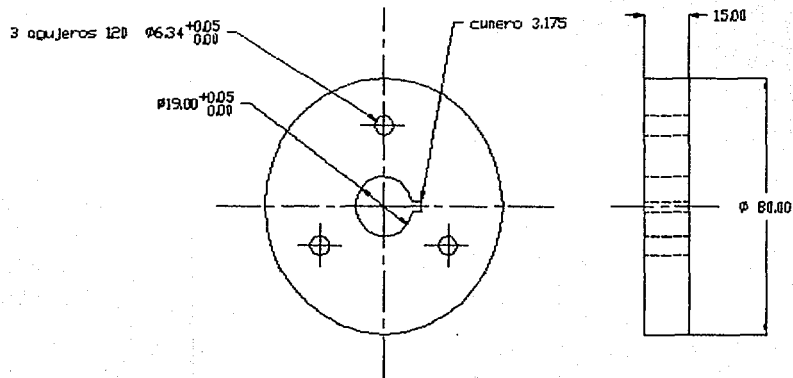
4- DITA (DIENTE):



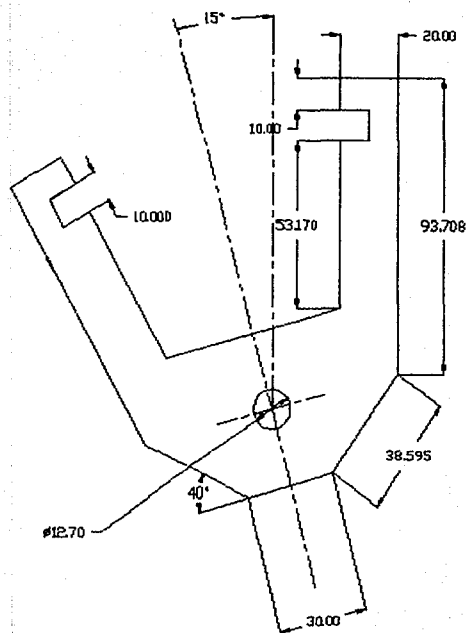
5- GUIA LATERAL:



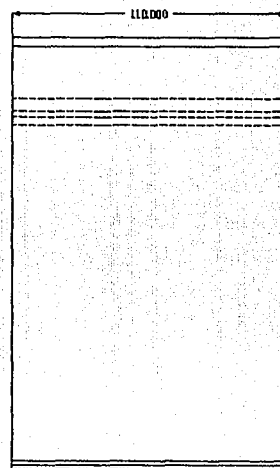
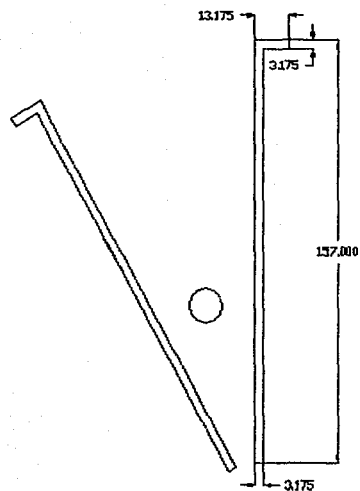
6- MAMELON:



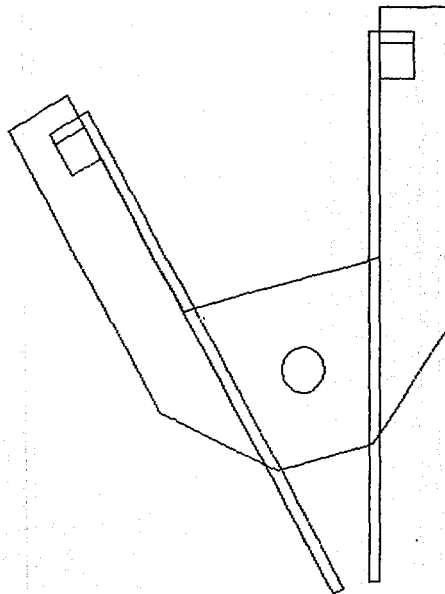
7- TAPA:



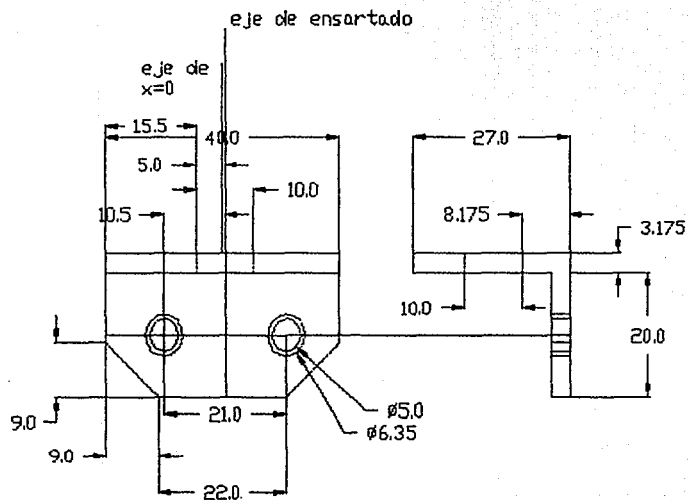
8- TRAMPAS:



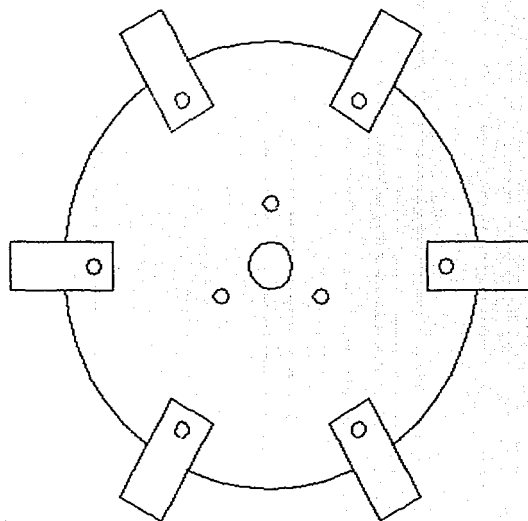
9- TAPA Y TRAMPAS:



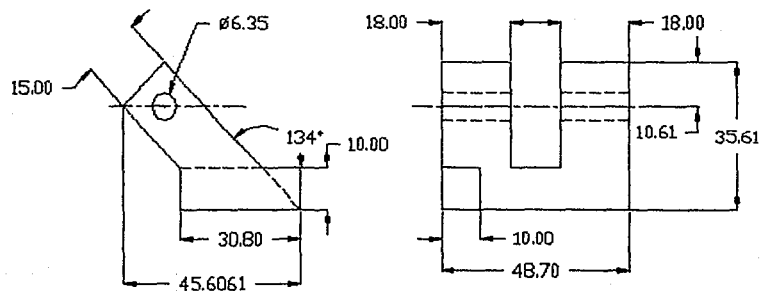
10- PERNO:



11- RUEDA CON CANJILONES:

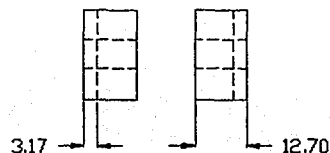
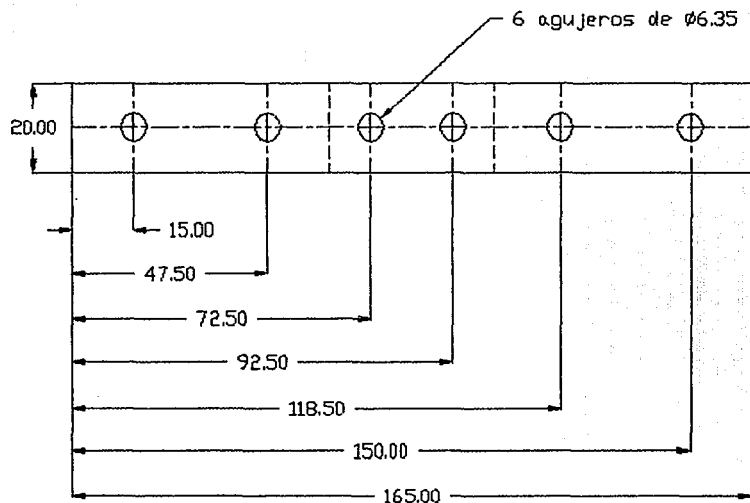


12- SUJETADORES AGUJAS MOVILES (SAM):

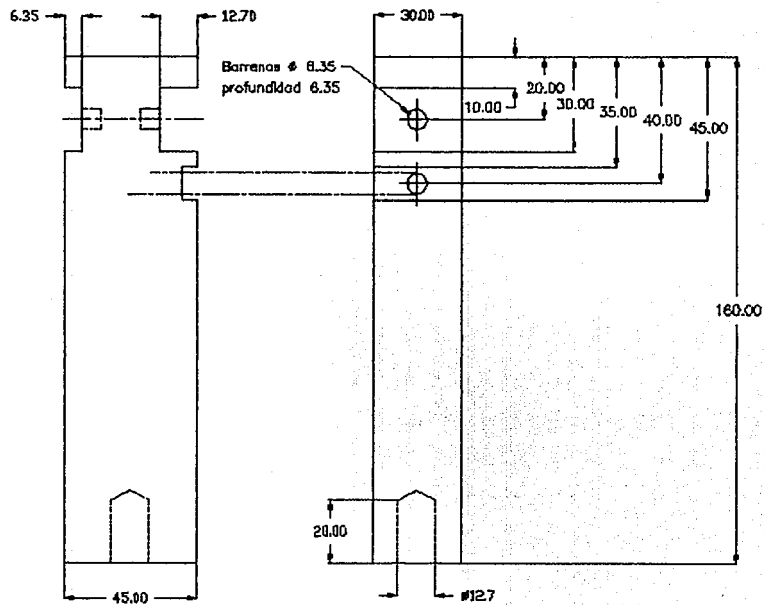


13- SOPORTE GUIAS LATERALES Y SUJETADORES AGUJAS MOVILES (SGLSAM):

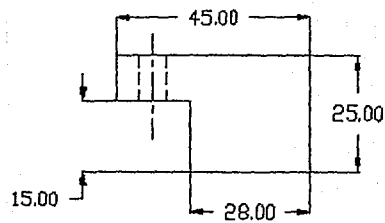
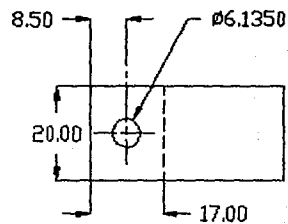
LA OCULTA A 1/8 IN QUE VA
DEL LADO DERECHO O IZQUIERDO,
EN DIRECCION VERTICAL, DEPENDE
DE SI LA PIEZA EN QUESTION VA
DEL LADO IZQ. O DER. DE LA
MAQUINA ORDENADORA; HAY QUE
TENER CUIDADO A ESE RESPECTO.



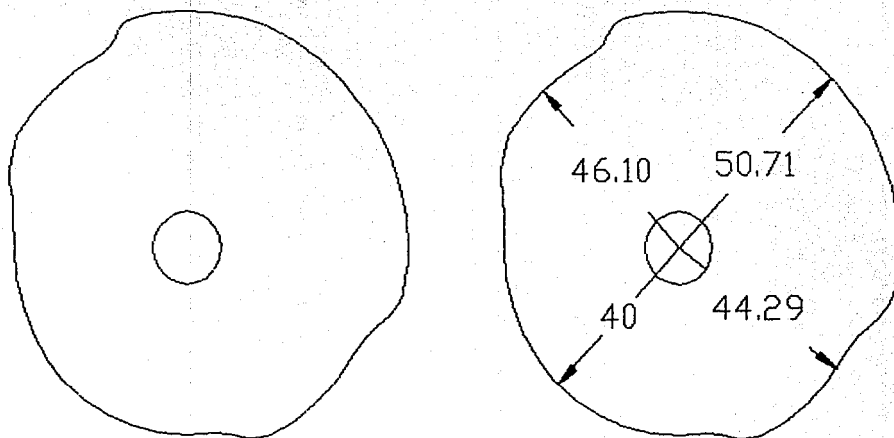
14- BDGL:



15- CANJILON:

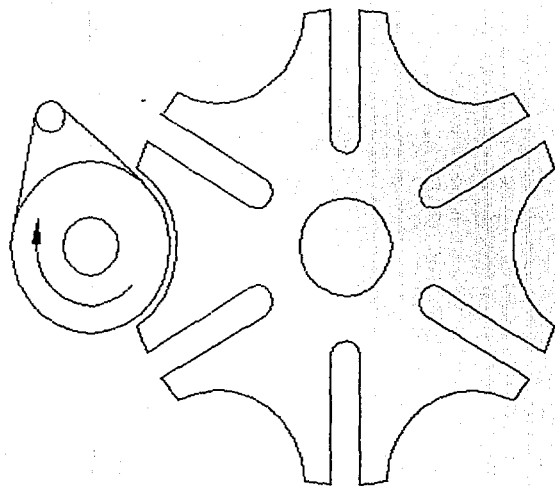


16- LEVA:

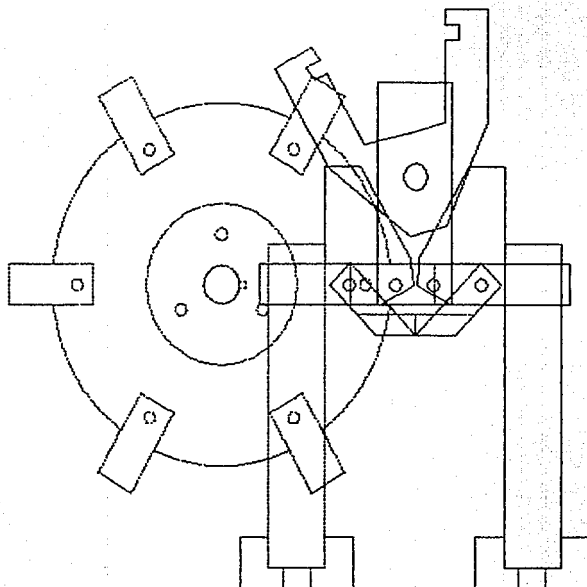


ACOTACIONES EN mm.

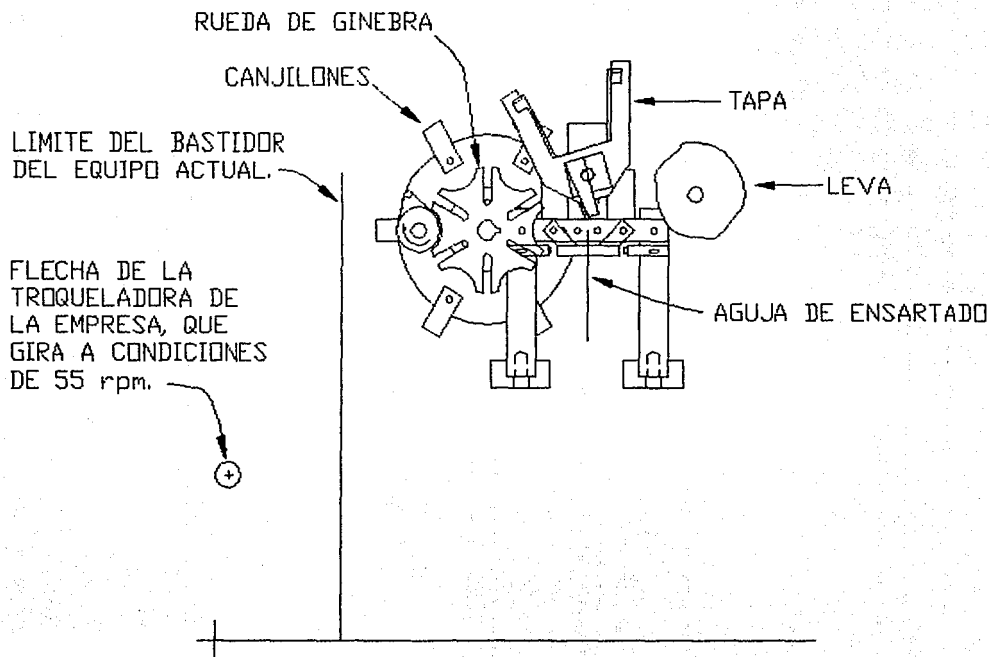
17- RUEDA DE GINEBRA:



18- PRUEBA1 (ENSAMBLE SENCILLO):



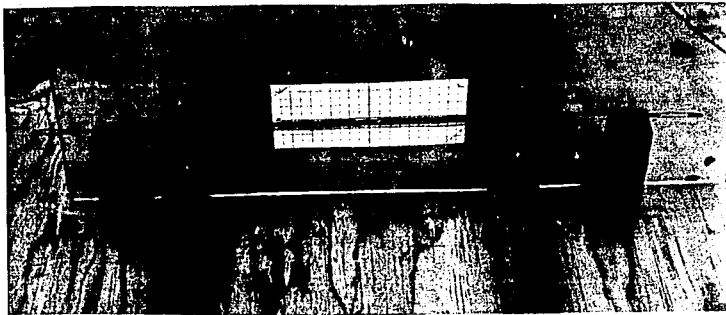
19- ENSAMBLE MAS ELABORADO:

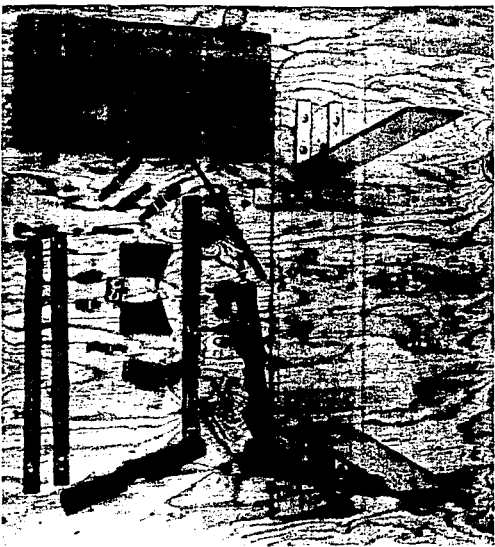
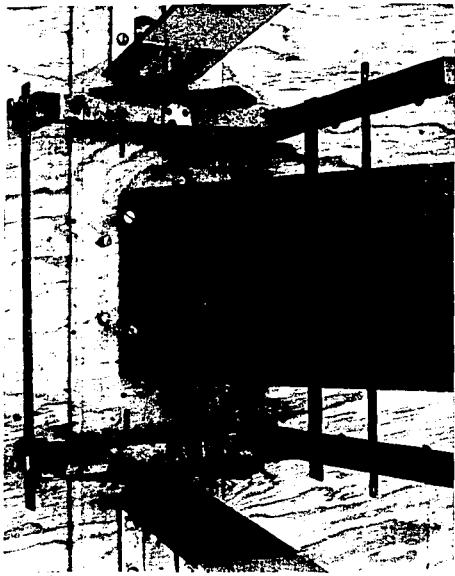


ANEXO CCC:

(FOTOS Y PIEZAS DE MODELOS)

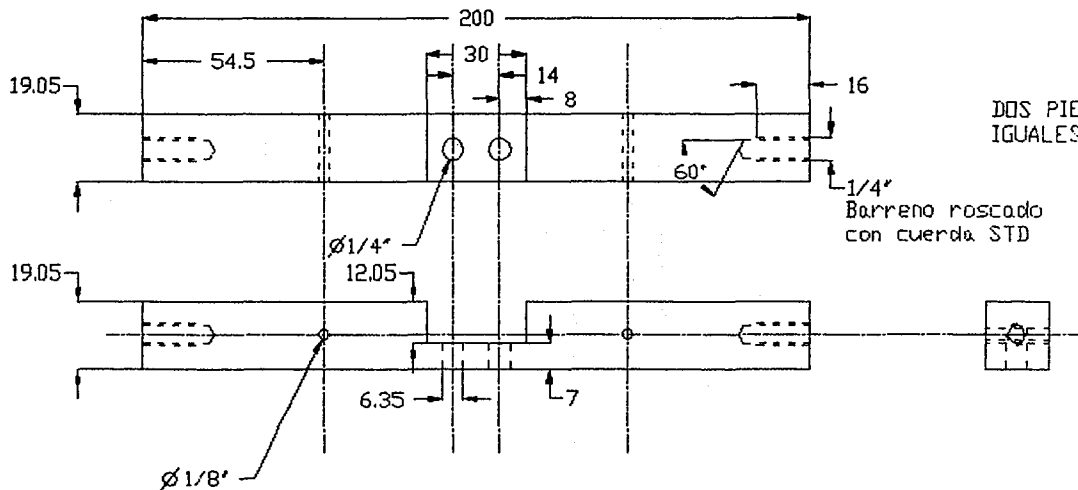
A continuación se presentan fotografías del modelo "disco con canjilones" utilizado en las experimentaciones de la presente tesis, y del modelo CCC (ensamblado y desarmado), así como los planos de las principales piezas diseñadas y utilizadas para el modelo CCC.





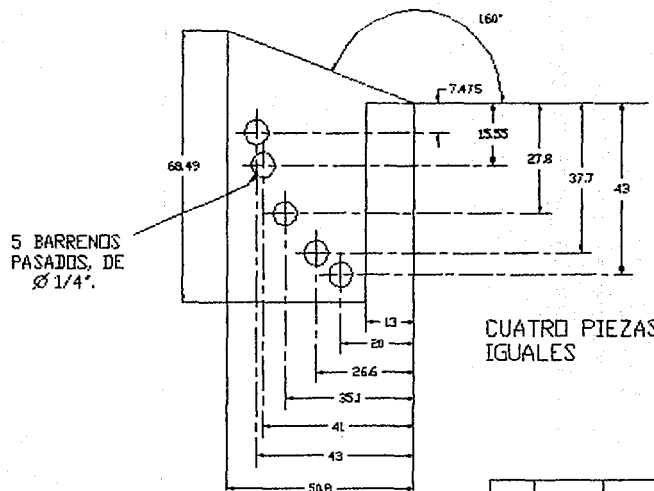
TOLERANCIAS EN DECIMALES					
> 0.2	> 0.5	> 1	> 2	> 3	> 120
± 0.1	± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5
Pulgadas - Decimales					
± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 1	± 2	± 4

DOS PIEZAS
IGUALES



No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM		PROYECTO ORDENADOR MALLAS	ESCALA
		TÍTULO	ACOTACIONES mm
		DISEÑO F.TREJO OR	CLAVE
		FECHA '92	PLANO M1
		DIBUJO F.TREJO OR	
		RESP. F.TREJO OR	

PIEZA DENOMINADA 'DIENTE'

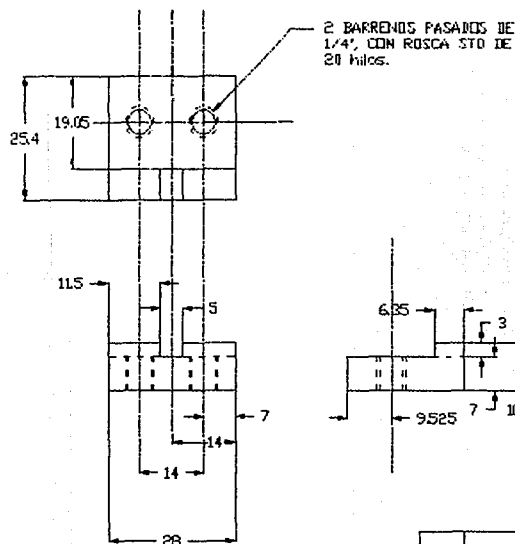


EL ESPESOR
DE LA PIEZA
ES DE 1/4"

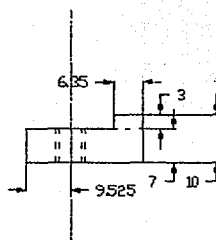
CUATRO PIEZAS
IGUALES

TOLERANCIAS EN DECIMALES							
± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.25	± 0.3	± 0.4
± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.25	± 0.3	± 0.4
± 0.05	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.25	± 0.3	± 0.4

No.	CTD.	DESCRIPCION		OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO ORDENADOR MALLAS	ESCALA		
		ACOTACIONES		
				
				
		DISEÑO F.TREJO OR	DIBUJO F.TREJO OR	CLAVE
		FECHA '92	RESP. F.TREJO OR	PLANO

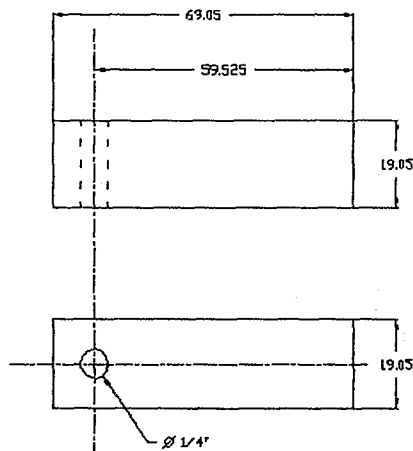


DOS PIEZAS
IGUALES



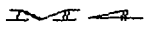
TOLERANCIAS NO DECIMALES									
> 125	> 125	> 3	> 6	> 30	> 125				
± .05	± .05	± .01	± .02	± .03	± .05				
Hacer - Dimensiones									
± .04	± .04	± .01	± .02	± .03	± .05				

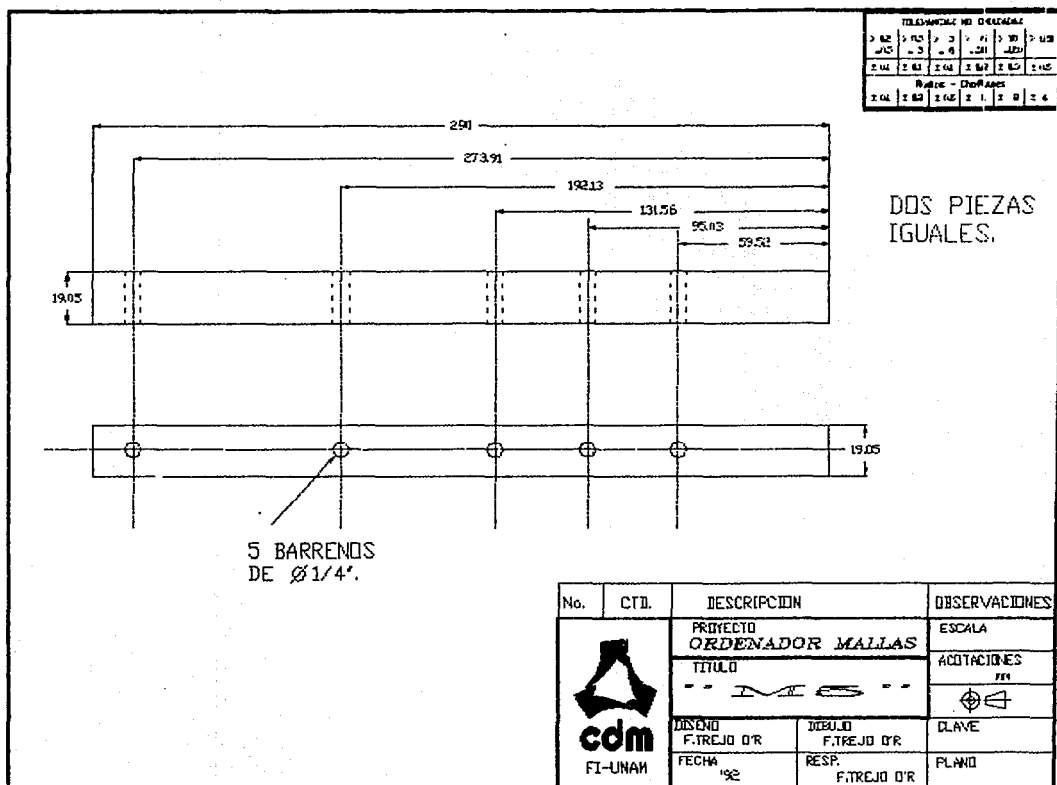
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM		PROYECTO ORDENADOR MALLAS	ESCALA
		TITULO	ACOTACIONES
		---	---
		---	---
		DISEÑO F.TREJO D'R	CLAVE
		FECHA '92	PLANO
		DIBUJO F.TREJO D'R	
		RESP. F.TREJO D'R	



DOS PIEZAS
IGUALES

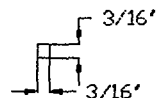
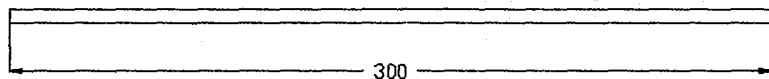
TOLERANCIAS NO DECIMALES					
> 63	> 63	> 2	> 6	> 20	> 160
± 0.3	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2.0
± 0.4	± 0.5	± 0.6	± 0.8	± 1.0	± 1.5
Rozas - Chiflones					
± 0.4	± 0.5	± 0.5	± 1	± 2	± 4

No.	CTD.	DESCRIPCION		OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAN		PROYECTO		ESCALA
		ORDENADOR MALLAS		ADOTACIONES
		TITULO		mm
				
		DISEÑO F.TREJO D/R	DIBUJO F.TREJO D/R	CLAVE
		FECHA	RESP.	PLANO
			'92	F.TREJO D/R

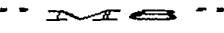


(PERFIL CUADRADO DE 3/16")

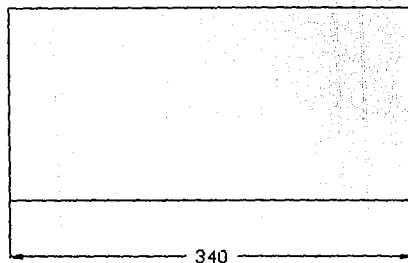
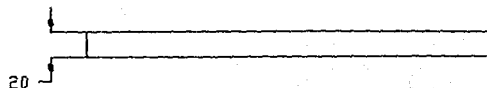
UNA SOLA
PIEZA



TOL. EN MILIMETROS NO INDICADOS					
> 40	> 45	> 50	> 55	> 60	> 65
± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.25	± 0.3	± 0.35
Hojas - 1/16" x 1/8"					
± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.25	± 0.3	± 0.35

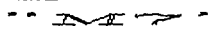
No.	CTD.	DESCRIPCION		OBSERVACIONES		
 cdm FI-UNAM		PROYECTO		ESCALA		
		ORDENADOR MALLAS		ACOTACIONES		
		TITULO		m		
						
		DISEÑO		DIBUJO		CLAVE
		F.TREJO D'R		F.TREJO D'R		
FECHA		RESP.		PLANO		
'92		F.TREJO D'R				

PIEZA DENOMINADA 'TRAMPA'



UNA SOLA PIEZA

TOLERANCIAS NO DESTACADAS									
> 12	> 05	> 2	> 0	> 20	> 120				
± 0.05	± 0.03	± 0.02	± 0.01	± 0.05	± 0.10				
± 0.10	± 0.05	± 0.03	± 0.02	± 0.05	± 0.10				
Sistema - Chisfano									
± 0.10	± 0.05	± 0.03	± 0.02	± 0.05	± 0.10				

No.	CTD.	DESCRIPCION		OBSERVACIONES
		PROYECTO		ESCALA
		ORDENADOR MALLAS		ACOTACIONES
		TITULO		PM
				
		DISEÑO F.TREJO D'R	DEBILLO F.TREJO D'R	CLAVE
		FECHA '92	RESP. F.TREJO D'R	PLANO

PARA EFECTOS DE LA OBTENCION FINAL DEL MODELO CCC,
SE FABRICARON TAMBIEN LAS SIGUIENTES PIEZAS:

"M8"; BASE DE ACRILICO CON RANURACIONES QUE
PERMITEN LA COLOCACION DE TOPES MECANICOS
PARA INCLINAR ADECUADAMENTE LA TRAMPA, Y
A LAS CONDICIONES DESEADAS.

"M9"; DOS PIEZAS DE ACRILICO CON DIMENSIONES DE
70x340x6.35 mm³ DENOMINADAS "GUIAS LATERALES".

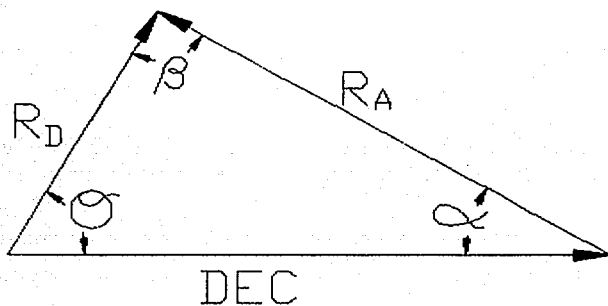
"M10"; DOS BARRAS DE ACERO DE 300x20x3.175 mm³ PARA
EL ARMADO FINAL ADECUADO DEL MODELO CCC.

SE UTILIZO TORNILLERIA ESTANDARD DE 1/4" Y 1/8".

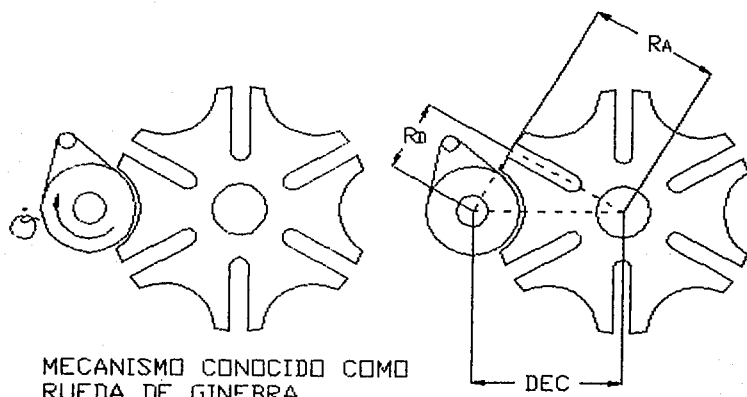
ANEXO R.G.:

(ANÁLISIS DINÁMICO DE LA RUEDA DE GINEBRA)

Triángulo de análisis dinámico:



Vista lateral de una Rueda de Ginebra:



Los números complejos se pueden expresar en su forma de Euler o exponencial de la siguiente manera:

$$r = re^{j\phi} = r \cos \phi + jr \sin \phi$$

La primera y segunda derivadas de un número complejo en su forma exponencial son:

$$\dot{r} = \dot{r}e^{j\phi} + re^{j\phi}j\dot{\phi}$$

$$\ddot{r} = \ddot{r}e^{j\phi} + 2\dot{r}e^{j\phi}j\dot{\phi} - re^{j\phi}\dot{\phi}^2 + re^{j\phi}j\ddot{\phi}$$

Para nuestro caso de estudio, tomando como base el triángulo de análisis del presente anexo, tenemos las siguientes ecuaciones estáticas y dinámicas:

$$DEC = R_D - R_A \quad DEC = 0 \quad \dot{R}_D = 0 \quad \dot{\phi} = 27.5 \text{ rpm}$$

$$R_A = \frac{R_D \sin \phi}{\sin \alpha} \text{ ---- } (1) \quad \tan \alpha = \frac{R_D \sin \phi}{(R_D \cos \phi - DEC)} \text{ ---- } (2)$$

$$\dot{R}_A = R_A (\tan \alpha) \dot{\alpha} - R_D \frac{\sin \phi}{\cos \alpha} \dot{\phi} \text{ ---- } (3)$$

$$\dot{\alpha} = \frac{R_D (\cos \phi) \dot{\phi} + R_D (\sin \phi \tan \alpha) \dot{\phi}}{(R_A \tan \alpha \sin \alpha + R_A \cos \alpha)} \text{ ---- } (4)$$

$$\ddot{R}_A = -R_D \dot{\phi}^2 \frac{\cos \phi}{\cos \alpha} + 2\dot{R}_A \dot{\alpha} \tan \alpha + R_A \dot{\alpha}^2 + R_A \dot{\alpha} \tan \alpha \text{ ---- } (5)$$

$$\ddot{\alpha} = \left[\frac{-R_D \dot{\phi}^2 \sin \phi + R_D \dot{\phi}^2 \cos \phi \tan \alpha - 2\dot{R}_A \dot{\alpha} \tan \alpha \sin \alpha}{(R_A \tan \alpha \sin \alpha + R_A \cos \alpha)} + \frac{-R_A \dot{\alpha}^2 \sin \alpha - 2\dot{R}_A \dot{\alpha} \cos \alpha + R_A \dot{\alpha}^2 \sin \alpha}{(R_A \tan \alpha \sin \alpha + R_A \cos \alpha)} \right] \text{ ---- } (6)$$

Se llevó a cabo una tabulación de las distintas variables contempladas, en base a los valores de α , β y θ presentados en la tabla ARG 1:

TABLA ARG 1

α	β	θ
30	90	60
24.56	123.768	31.671
24.289	124.645	31.065
17	144.215	18.784
10	159.677	10.322
5	169.961	5.038
0	180	0

(valores en grados)

De la tabla anterior tenemos que en $\alpha=30^\circ$ la Rueda de Ginebra está en reposo, en $\alpha=24.289^\circ$ y $\alpha=24.56^\circ$, se lleva a cabo el ensartado de lisos y en $\alpha=17^\circ$ el liso en turno libra la trayectoria de las trampas, evitando así posibles interferencias.

La tabla ARG 2 presenta la tabulación completa del análisis dinámico:

Tabla ARG2

α	θ	t	R_A	$\dot{\alpha}$	$\dot{R}_A$	$\ddot{\alpha}$	$\ddot{R}_A$
-30	60	0	-60	0	-345.57	33.17	0
-24.56	31.67	0.085	-43.75	-4.38	-287.27	95.44	-1919.48
-24.28	31.06	0.087	-43.45	-4.52	-284.30	96.83	-2019.63
-17	18.78	0.124	-38.15	-7.34	-202.07	108.33	-3674.45
-10	10.32	0.150	-35.74	-9.06	-120.01	80.21	-4804.51
-5	5.03	0.166	-34.90	-9.74	-60.23	43.58	-5277.05
0	0	0.1818	-34.64	-9.97	0	0	-5437.81
5	-5.03	0.188	-34.90	-9.74	60.23	-43.58	-5277.05
10	-10.32	0.213	-35.74	-9.06	120.01	-80.21	-4804.51
17	-18.78	0.238	-38.15	-7.34	202.07	-108.33	-3674.45
24.28	-31.06	0.277	-43.45	-4.52	284.30	-96.83	-2019.63
24.56	-31.67	0.275	-43.75	-4.38	287.27	-95.44	-1919.48
30	-60	0.3636	-60	0	345.57	-33.17	0

De la tabla ARG2, t está en segundos, θ en grados, α en grados, R_A en mm, $\dot{\alpha}$ en rad/s, $\dot{R}_A$ en mm/s, $\ddot{\alpha}$ en mm/s², y $\ddot{R}_A$ en mm/s².