

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL**

**REDISEÑO DE UNA MÁQUINA FORMADORA DE TABLEROS
DE PARTÍCULAS DE MADERA**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

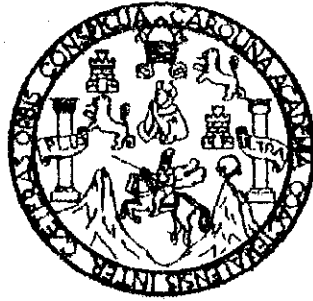
JUAN ALBERTO RAMOS VALLADARES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

Guatemala, octubre de 1,999

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de tesis titulado

REDISEÑO DE UNA MÁQUINA FORMADORA DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MADERA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 23 de octubre de 1998

A handwritten signature in cursive script, reading "Juan Alberto Ramos Valladares", enclosed within a large, stylized oval flourish.

JUAN ALBERTO RAMOS VALLADARES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL III	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL IV	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL V	Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Alfonso René Aguilar Marroquín
EXAMINADOR	Ing. Edgar Álvarez Coti
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

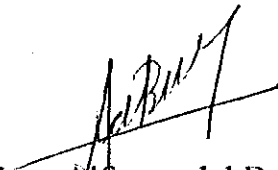
Guatemala,
29 de julio de 1999

Señor Director
Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial
Ing. Francisco Gómez
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Señor Director.

Por medio de la presente, me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he tenido a la vista el trabajo de tesis del estudiante Juan Alberto Ramos Valladares, titulado **“Rediseño de una máquina formadora de tableros de partículas de madera”**, el cual cumple con los requisitos para su aprobación final.

Atentamente,




Ing. Alfonso del Busto



Como Catedrático Revisor de esta Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **REDISEÑO DE UNA MAQUINA FORMADORA DE TABLEROS DE PARTICULA DE MADERA**, presentado por el estudiante universitario **Juan Alberto Ramos Valladares**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

DIRIGIDO Y ENSEÑADO POR



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director de la Escuela de
Ingeniería Mecánica



Guatemala, septiembre de 1999.

emds

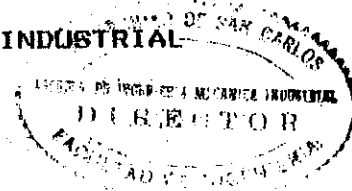


FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **REDISEÑO DE UNA MAQUINA FORMADORA DE TABLEROS DE PARTICULAS DE MADERA**, presentado por la estudiante universitario Juan Alberto Ramos Valladares, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, septiembre de 1999.

emds



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **REDISEÑO DE UNA MAQUINA FORMADORA DE TABLEROS DE PARTICULAS DE MADERA**, presentado por la estudiante universitario **Juan Alberto Ramos Valladares**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, septiembre de 1999

emds

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por haber iluminado el camino a seguir y permitirme lograr este triunfo.

A MIS PADRES

Juan Luis, por todo el apoyo y amor brindado durante mi vida, Margarita, por ser la luz en mi camino, por su sabiduría, su consejo a tiempo y por estar siempre ahí, cuando yo más lo necesité.

A MI HERMANA

Gaby, por su cariño y comprensión incondicional.

A MI FAMILIA

Por estar siempre pendiente de mis logros.

A MIS AMIGOS

Pedro, Eduardo, Rony, Gustavo Enrique, Gustavo Adolfo, Carolina, Ruth, Wendy, Beto, Mario, Jorge y Paola, por su amistad, compañerismo y cariño demostrado a lo largo de mi carrera profesional. Mi gratitud, en particular, a Juan Pablo Yela y a Ruth María por su ayuda y apoyo.

A MI ASESOR

Ing. Alfonso del Busto Maza, por toda la ayuda brindada en la elaboración de este proyecto tan importante en mi vida.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODOPODEROSO

A MIS PADRES

Juan Luis Ramos Ardón
Ana Margarita Valladares de Ramos

A MI HERMANA

Gabriela María Ramos Valladares

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
GLOSARIO.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	xi
1. MÁQUINAS FORMADORAS DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MADERA.....	1
1.1. Construcción y diseño de una máquina formadora.....	1
1.2. Descripción del funcionamiento, en general, de las máquinas formadoras de tableros de partículas de madera.....	3
1.2.1. Instrumentación.....	5
1.3. Diferentes tipos de diseños de máquinas formadoras.....	10
1.3.1. Formadora que utiliza un sistema de clasificación de partículas a través de aire.....	10
1.3.2. Formadoras tipo Fahrni.....	14
1.3.3. Formadoras tipo Schenck	16
1.3.4. Formadoras tipo Durand Microfelter.....	20
1.3.5. Formadora tipo Würtex	22
1.3.5. Formadoras tipo Wafer.....	25
2. ANÁLISIS Y DETECCIÓN DEL PROBLEMA.....	27
2.1. Reseña histórica.....	27
2.2. Surgimiento del problema.....	31

2.3.	Revisión de cumplimiento en especificaciones de diseño.....	33
2.3.1.	Verificación del problema.....	34
2.3.1.1.	Pruebas de densidad hechas al tablero de partículas de madera.....	34
2.3.1.2.	Pruebas de densidad hechas a las doce secciones del tablero de partículas de madera.....	38
2.4.	Descripción del problema.....	60
3.	REDISEÑO Y MODIFICACIONES.....	61
3.1.	Cálculos.....	62
3.1.1.	Movimiento rotacional alrededor de un eje.....	62
3.1.1.1.	Velocidades actuales.....	65
3.1.1.2.	Velocidades ajustadas.....	66
4.	CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO.....	70
4.1.	Definición de control de calidad.....	70
4.2.	Estándares.....	72
4.2.1.	Características físico mecánicas.....	72
4.2.1.1.	Resistencia a la flexión.....	72
4.2.1.2.	Resistencia a la tracción.....	72
4.2.1.3.	Hinchamiento en grosor expresado.....	73
4.2.2.	Características térmicas y acústicas.....	73
4.2.3.	Características especiales.....	74
4.3.	Ley nacional americana para tableros de partículas de madera.....	75
4.3.1.	Generalidades.....	76
4.3.2.	Requerimientos.....	76
4.3.2.1.	General.....	76
4.3.2.2.	Materiales.....	77

4.3.2.2.1.	Madera.....	77
4.3.2.2.2.	Sistema de unión.....	77
4.3.2.2.3.	Aditivos.....	77
4.3.2.3.	Dimensiones requeridas.....	78
4.3.2.3.1.	Ancho y largo.....	78
4.3.2.3.2.	Grueso.....	78
4.3.2.3.3.	Cuadratura.....	78
4.3.2.3.4.	Rectitud.....	79
4.3.2.4.	Propiedades físico mecánicas.....	79
4.3.2.4.1.	Contenido de humedad.....	79
4.3.2.4.2.	Densidad permitida.....	80
4.3.2.4.3.	Duración del sistema de unión.....	80
4.3.2.5.	Carga concentrada.....	80
4.3.2.5.1.	Requisitos.....	80
4.3.2.5.2.	Pruebas con muestra.....	80
4.3.2.5.3.	Aparato de prueba.....	81
4.3.2.5.4.	Módulos de ruptura y de elasticidad..	81
4.3.2.5.5.	Dureza.....	81
4.3.2.5.6.	Hinchamiento.....	82
4.3.3.	Conformación de la prueba.....	82
4.3.3.1.	Prueba e inspección del fabricante.....	82
4.3.3.2.	Muestreo para aprobación.....	82
4.3.4.	Identificación.....	82
4.3.4.1.	Explicación de las clases.....	82
4.3.4.2.	Información para ser proporcionada.....	83
CONCLUSIONES.....		84
RECOMENDACIONES.....		86

BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1. Dibujo de un detector de metales simple.....	9
2. Diseño básico de la formadora tipo Bison.....	11
3. Una ilustración en detalle del método del diseño de máquina formadora tipo Bison.....	12
4. Máquina formadora tipo Bison en líneas de prensas de simple abertura.....	13
5. Principio de funcionamiento de la formadora tipo Fahrni con trayecto horizontal y sistema dosificador.....	15
6. Un nuevo diseño de formadora tipo Fahrni.....	16
7. Formadora tipo Schenck de cabeza simple.....	17
8. Cabeza formadora a gravedad.....	18
9. Cabezas esparcidoras gemelas.....	20
10. Estación formadora tipo Würtex para tableros de partículas convencionales.....	23
11. Formadora usada para lanzar obleas sobre la manta.....	26
12. Proceso de actividades básicas operacionales que realizan las empresas de manufactura.....	30
13. Seccionamiento en los tableros de partículas de madera para pruebas.....	38
14. Secciones del tablero con problemas de densidad según gráficos X	58
15. Secciones del tablero con problemas de densidad según gráficos R	59
16. Factores de gráficas de control para \bar{X} y R ; factores para estimar s y R	89
17. Fotografía del diseño original de la máquina formadora.....	90
18. Fotografía de los rodillos de lanzamiento desmontados de su base original.....	90
19. Fotografía de los rodillos de cerdas rediseñados antes de ser montados en su base.....	91
20. Fotografía del montaje de los rodillos de cerdas rediseñados.....	91
21. Fotografía de los perlonés plásticos individuales antes de ser ensamblados en sus respectivos cilindros.....	92

22. Fotografía del ensamble de los perlonés plásticos en sus cilindros.....	92
23. Fotografía de los rodillos de perlonés y de cerdas montados sobre su nueva base.....	93
24. Fotografía del montaje del rediseño finalizado.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Porcentajes de incremento de velocidades tangenciales en los rodillos nuevos.....	68
II.	Resistencia a la flexión de los tableros de partículas de madera.....	72
III.	Resistencia a la tracción de los tableros de partículas de madera.....	72
IV.	Porcentaje de hinchamiento por humedad respecto del grosor inicial.....	73
V.	Características térmicas y acústicas de los tableros de partículas de madera.....	73
VI.	Valores exigibles para un tablero utilizable en muebles chapados según el Centro técnico de la madera de París.....	74
VII.	Valores mínimos exigibles para un tablero resistente a la humedad, con arreglo a las normas del Centro técnico de París.....	74

GLOSARIO

Cabeza formadora

Rodillos con aglomeraciones de material sintético en su periferia los cuales lanzan las partículas de madera sobre el medio de transporte seleccionado.

Cilindros con pines

Rodillo que contiene varillas de metal en su periferia con la finalidad de ejercer un efecto de rastrillo en el material crudo a ser lanzado.

Densidad

Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

Embrague

Mecanismo que permite o no el que un eje pueda participar a voluntad del movimiento de otro motor.

Enfieltrar

Formar un material no tejido que resulta de conglomerar el material.

Estructura tipo C

Vigas metálicas tipo I unidas de manera que representan en su conjunto una letra C, esto, con la finalidad de distribución de cargas.

Estructura tipo O

Vigas metálicas tipo I unidas de manera que representan en su conjunto una letra O, esto, con la finalidad de distribución de cargas.

Interruptor de límite

Mecanismo eléctrico que interrumpe en su contacto con una superficie definida la señal eléctrica que permite el accionamiento de algún mecanismo.

Interruptor fónico

Mecanismo que interrumpe en su contacto con una onda sonora específica la señal eléctrica que permite el accionamiento de algún mecanismo o motor.

Límites de control

Líneas dentro de una gráfica estadística que permiten visualizar el comportamiento actual de un proceso definido brindando la información necesaria para prevenir o corregir cualquier tipo de desfase.

Mantas

Colchón de astillas de madera que ha sido formado por los rodillos de lanzamiento (perlonas y cerdas), el cual, después de ser sometido a presión y temperatura, se convierte en un tablero aglomerado de partículas de madera.

Material crudo

Astillas de madera impregnadas con resina de Urea Formaldehído.

Motores trifásicos

Motores eléctricos que operan por medio de brindarles tres fases eléctricas de alto voltaje.

Radián

Se define como el ángulo que subtiende un arco cuya longitud es igual al radio.

Resina	Material sintético aglutinante que reacciona químicamente con presión y temperatura utilizado para aglomerar cierto tipo de materiales como el cuero, partículas de madera, etc.
Silos	Depósito de alimentación.
Tableros aglomerados de partículas de madera	Partículas de madera aglutinadas con resina de Urea Formaldehído los cuales son utilizados para diversidad de acabados y, principalmente, en decoración, construcción y mueblería en general.
Tara	Muestra que sirve de guía para la calibración de cualquier artefacto de medición.
Tolva	Depósito de alimentación de material que es llenado, automáticamente, cada cierto tiempo.
Velocidad tangencial	Velocidad lineal que describe la trayectoria de una partícula que gira alrededor de un eje fijo con un radio r y con una velocidad de rotación denominada velocidad angular.

INTRODUCCIÓN

Algunas personas expertas dentro del ramo de fabricación de tableros de partículas de madera creen que la máquina formadora es la más importante dentro de las líneas de producción. Existe actualmente gran diversidad de diseños de máquinas formadoras, y no pueden ser consideradas todas aquí. Muchas son fabricadas por grandes compañías con tecnología de vanguardia, las cuales utilizan su mismo nombre para identificarlas; de cualquier modo, hay, actualmente, una innumerable cantidad de diseños de estas máquinas en las plantas manufactureras de tableros de partículas de madera alrededor del mundo. Ninguna otra área en la manufactura de la madera tiene tal variedad de máquinas disponibles, por lo que se presentaron problemas para conseguir la especialización máxima. Como en el resto de la línea de producción, muchos factores tienen que ser considerados antes de decidir qué tipo de máquina formadora ha de usarse en el proceso que se piensa realizar. Unas requieren más preparación de material crudo que otras, además de un ajuste constante y operadores altamente capacitados, algunas son de diseño simple y otras cuentan con diseños altamente sofisticados.

La preparación de las mantas es una de las partes más importantes del proceso industrial del tablero de partículas de madera. Dicho proceso requiere de una dosificación uniforme y estrictamente controlada, cualquier variación en la distribución del material crudo dará por resultado cambios en las propiedades físicas del tablero. Aún cuando las propiedades mecánicas no fuesen de vital importancia, la mala formación de las mantas de partículas dará como resultado un tablero susceptible a la quebradura. Una inadecuada dosificación afecta directamente a la apariencia final del

tablero y a la venta de la misma, además de poder causarle daño a la prensa hidráulica (máquina que le precede a ésta en el proceso).

Por lo general, el más frecuente problema encontrado en el proceso de formación ocurre en la variación del volumen de la astilla de madera, la cual es pesada en el interior de la máquina formadora, con la finalidad de propiciar una distribución de igual peso y densidad, dando como resultado una distribución uniforme de material. Las propiedades del tablero cambiarán dependiendo de las condiciones climáticas en la que es preparado (diferentes estaciones del año).

El factor primordial a controlar es la densidad de las mantas de partículas y sus variaciones. Si se permite la caída de las fibras o astillas refinadas, existe la probabilidad de que las mantas de partículas tenga una densidad relativamente uniforme. De cualquier modo, la densidad cambiará, drásticamente, dependiendo de la uniformidad en tamaño de las astillas de madera que sean preparadas antes del proceso de formación. La separación de las partículas y la precisión en la fabricación de las mismas es un proceso que, actualmente, no ha sido optimizado. La astilla debe ser lo más uniforme posible, según la clasificación de su tamaño. Periódicamente, deben realizarse análisis y pruebas de las diferentes especies de madera con la finalidad de obtener información sobre el tipo de partícula que proporciona cada una de ellas y las combinaciones logradas entre ellas. El proceso de obtención de las astillas, la geometría y tamaño, depende del tipo de cuchillas, platos o martillos que se utilicen en la máquina picadora. La humedad contenida en el leño hará variar las características finales de la astilla cruda causando cambios en las propiedades físicas finales del tablero. La calidad y homogeneidad de la astilla depende, en parte, del proceso de secado.

Con todas las variaciones que se logran en el proceso de formación, el objetivo es tratar de establecer condiciones promedio de trabajo y reducir las fluctuaciones

posibles en las medidas finales. Éste es otro ejemplo del porqué la fabricación de tableros de partículas de madera es un arte tan satisfactorio como una ciencia.

Tomando en cuenta todos los factores arriba mencionados y haciendo énfasis en la importancia de la adecuada formación de las mantas de partículas, tanto para las propiedades físicas finales del tablero como para la presentación de la misma en el área de ventas, se observó que el diseño de la máquina formadora de tableros de partículas de madera tipo Würtex (diseño y funcionamiento que será detallado más adelante) necesita ser modificado para optimizar su funcionamiento y otorgar con mayor precisión las características finales deseadas en el producto terminado.

1. MÁQUINAS FORMADORAS DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MADERA

1.1. Construcción y diseño de una máquina formadora

Todas las máquinas formadoras de tableros de partículas de madera se basan en el principio de una adecuada combinación de peso y volumen. En unos casos el material crudo se pesa dentro de la máquina y antes de caer en la lámina de aluminio u otro medio de transporte. A veces, existe un sistema adicional para asistir en el proceso de formación de las mantas, cuando la partícula sale de la máquina formadora. Todos los sistemas de formación tienen cosas en común aunque las características mecánicas de cada una varían. Todas ellas tienen un área de carga conocida más, comúnmente, como tolva, usualmente, una sección de pesado y una última sección denominada de medición. Todas tienen algún método para dejar caer las partículas, individualmente, hacia el medio de transporte seleccionado. La caída es por gravedad en casi todos los casos. La caja de la tolva está un poco alejada y la finalidad primordial de esta área es asegurar una continua alimentación del material crudo en la máquina. Un nivelado uniforme dentro de la tolva controla las variaciones de densidad en la manta a ser formada. Si la tolva está demasiado llena, la densidad subirá; si, por el contrario, ésta se encuentra en un nivel demasiado bajo o menguante, la densidad final decaerá. Desde que esta área se diseñó lo suficientemente grande, muchas, pero no todas, las máquinas formadoras pesan lotes de material crudo por secciones para ayudar a superar las variaciones finales de las densidades. El área de pesado de los lotes se puede restablecer o ajustar a través de una tara, según un peso dado y el número de pesadas por minuto a realizar. La balanza que realiza todas y cada una de las pesadas es gobernada por el transportador de alimentación de material crudo. La balanza descarga el material a un

área que realiza las últimas mediciones necesarias. Esta última medición se realiza con la finalidad de reducir los problemas de variaciones de densidad.

El mayor número de máquinas permiten la caída libre del material hacia el siguiente medio de transporte. Originalmente, las máquinas formadoras se colocaban en alto sobre el medio de transporte y las partículas caían libremente en la creencia de que la caída larga daría por resultado un colchón de astilla uniforme. Desgraciadamente, las partículas, en lugar de caer libremente y por su propio peso, se vieron afectadas por corrientes de aire naturales que corrían de un lado a otro, logrando gran influencia negativa en la dirección final de la caída del material. Luego, se optó por bajar las máquinas lo más cerca posible al medio del transporte. En algunas máquinas formadoras se colocaron pantallas en el camino con la finalidad de guiar la caída del material. En otras se pusieron mallas metálicas más pequeñas aún para permitir primero la caída del material fino y, luego, formar sobre él la capa de material rústico. Otras máquinas utilizaron cilindros con pines girando a una cierta velocidad para desplegar el material y lanzarlo sobre el medio de transporte. Todavía después, otra máquina fue diseñada para permitir la caída del material dentro de un conducto de aire presurizado de alto volumen, logrando así, la óptima graduación posible de las diferentes capas de las que constan los tableros de partículas de madera. Otra máquina alimentaba el material en dirección de rotación de los rodillos dando así un efecto de dirección de las partículas que se graduaban individualmente en cada una de las cabezas formadoras.

Originalmente, muchas mantas de partículas se formaban en una pequeña área con las partículas de madera a una inclinación variable. Esto era satisfactorio con prensas hidráulicas más pequeñas. De cualquier modo, como las prensas llegaron a ser más grandes, este ángulo creó una componente horizontal a la fuerza de prensado que realmente ayudó en el movimiento de la corona de la prensa en su medida longitudinal. Entonces, llegó a ser necesario reducir este ángulo de disposición de la partícula. Los

aparatos para dejar caer las partículas eran sofisticados en diseño, dependiendo directamente del área de formación de la manta de partículas, aminorando el ángulo de deposición de las mismas.

A pesar de todos los mecanismos arriba detallados, unas unidades todavía requieren otros más en el área de nivelación para asegurar la uniformidad final.

1.2. Descripción del funcionamiento en general de las máquinas formadoras de tableros de partículas de madera

Hay gran diversidad de diseños de máquinas formadoras, cada una hecha para diferentes tipos específicos de material crudo, capaces de hacer gran diversidad de trabajos dentro de la razón. Con las prensas hidráulicas que poseen el sistema de abertura simultánea, la máquina formadora es estacionaria. Existen algunas plantas manufactureras de tableros de partículas de madera que cuentan con un sistema de formación en línea con prensas sencillas, de cualquier modo, las máquinas de formación deben permanecer en movimiento. Después, una banda transportadora transita entre la formadora y la prensa. Por consiguiente, mientras la prensa está cerrada, la banda transportadora no se puede mover. En este caso la máquina formadora se mueve por encima del área del medio de transporte correspondiente formando una manta relativamente baja. Así, el movimiento de la formadora es intermitente y no-continuo. Otras pequeñas plantas utilizan láminas de aluminio individuales como medio de transporte, las cuales pasan por debajo de la máquina, logrando así, que la misma sea de diseño estacionario.

En plantas de mayor capacidad, una sola cabeza formadora individual tiene limitaciones bien definidas. En estos casos es deseable tener múltiples cabezas formadoras para lograr una dispersión continua de material crudo. Las capacidades de

las cabezas formadoras individuales no deben ser llevadas hasta su límite operacional, ya que, casi sin excepción, ellas formarán una manta de partículas más uniformes a bajos rangos de operación. Como una regla general, se puede decir que por un volumen dado de material crudo y mientras más cabezas formadoras sean utilizadas, la manta de partículas resultante es más uniforme. Más allá, con una cantidad dada de material, mientras más cabezas de formación sean empleadas, más bajo es el ángulo de deposición de la partícula.

Con cabezas múltiples, se debe tomar ventaja de la oportunidad de separar el material más fino y colocarlo en las caras. Ahora, también, es posible trabajar efectivamente con diferentes humedades de partículas, niveles y formulaciones de resina, por ejemplo, más humedad y resina en las caras representa un curado relativamente lento en las mismas. Esto también significa equipos especializados y tecnificados en el área de molienda de la planta para la separación eficaz de partículas de diversos tamaños. Unas plantas hacen tres separaciones de partículas y usan cinco o seis cabezas formadoras. Las dos cabezas finales son utilizadas para las partículas finas, una o dos cabezas para las partículas toscas del centro y otras dos intermedias para partículas semi-toscas.

La capacidad de una cabeza de formación no debe ser ampliada demasiado. La opción de inversión en una cabeza adicional es barata comparada con el costo que representan los desechos y los reclamos en el departamento de ventas por parte de los consumidores. Las cabezas formadoras múltiples con una cantidad dada de material crudo aliviarán problemas de control de calidad y hará a la planta, generalmente, más flexible y a servir a una diversa variedad de mercados.

1.2.1. Instrumentación

La importancia de la exactitud de las mediciones de los resultados de la máquina formadora han sido mencionados ya. Se notarán diferentes proximidades dependiendo de los diferentes tipos de máquinas formadoras disponibles. Recientemente, los sistemas de calibración electrónica, han sido incorporados dentro de los diseños generales de las máquinas formadoras. Es importante también pesar las mantas antes de pasar al proceso de prensado para asegurarse una mayor uniformidad en la densidad final de la tabla. Como se notará, esto es sumamente importante si se desea una adecuada calidad en los tableros de partículas a producir. Se usan dos sistemas: (1) pesar las mantas de partículas con una balanza convencional y (2) continuamente determinar el peso promedio a través de las calibraciones electrónicas.

El sistema de palanca que transfiere el peso de la manta de partículas a la caja de mando de la balanza es similar al sistema de medición del peso utilizado en la máquina mezcladora la cual impregna de resina las partículas de madera. Se lee el peso de la manta directamente en la balanza en incrementos de libra por libra.

Para lograr un sistema de medición de peso más preciso, se han colocado unos sensores a la balanza. Desde que el operador se localiza a una distancia remota de las balanzas, un cabezal de la misma es instalado para una observación directa de los pesos de las mantas de partículas por el operador. Atado a esta cabeza de la balanza existe un sistema de impresión y monitoreo de las lecturas obtenidas, éstas son impresas por una cinta de tinta con la finalidad de que sean supervisados de manera más efectiva los límites de operación y lograr a tiempo una corrección de tendencias.

Es incluido también un sistema auxiliar, el cual será descrito posteriormente. El propósito de este sistema es actuar, automáticamente, modulando así los pesos de la

manta, dependiendo de si son demasiado altos o demasiado bajos. Se usan cuatro fotoceldas en la balanza para detectar la posición y nivel del material crudo en la misma. Dos de estas fotoceldas actúan en el sistema de desecho y las otras dos indican las opciones de "aceptar por encima de" y "aceptar por debajo de" los pesos de la manta.

El sistema auxiliar de la balanza que anteriormente se mencionaba se encuentra por encima de la cara de la misma, con esta parte del sistema conectado a unas luces de advertencia, se puede dar aviso al operador de que se está llevando a cabo una inadecuada operación con la finalidad de facilitarle el control de los pesos de las mantas de partículas en caso de que la cabeza de la balanza cese su funcionamiento. Un sistema de cinco luces es colocado, generalmente, sobre la cabeza de la balanza. Si una de las dos luces exteriores (rojo) parpadean, la manta se rechaza. Si la segunda o cuarta luz (amarillo) parpadea, los pesos de las mantas corren ligeramente desviados de los rangos extremos de aceptación. Si la luz del centro (verde) enciende, los pesos están dentro de su rango de especificación. La exactitud de este sistema resulta ser muy conveniente. El rango de pesos con que la báscula misma trabaja es de ± 5 lbs. El control de los pesos de las mantas de partículas trabaja con un rango de tolerancia de ± 15 lbs. Mucho del control de peso de la manta depende de la habilidad del operador.

Usando estos sistemas electrónicos de calibración, se pueden realizar muestreos y controles específicos de las siguientes variables: peso por unidad de área y longitudes transversales y longitudinales, dicho sistema, generalmente, se encuentra localizado a lo largo de la máquina, lo que permite no alterar la velocidad básica de la banda transportadora. Esto elimina la pausa que se genera en la estación de pesado y en la velocidad de subida del sistema. Es evidente la variación que puede obtenerse en un corto intervalo de tiempo del peso de las mantas de partículas por pura observación o a través de las lecturas en las gráficas que proporcionan los sistemas electrónicos de control. Se pueden instalar contactos de alarma para monitorear cualquier tipo de

variación. Las tendencias a variaciones a largo plazo son también evidentes en las gráficas de control electrónicas.

Para las calibraciones de los pesos, la medida básica utilizada es de peso por unidad área, usualmente, expresada en libras por pie cuadrado. La medida es realizada a través de un detector electrónico. Este tipo de elemento se monta en una estructura tipo C, que envuelve la base de los travesaños de una viga, o, en una estructura tipo O montado de manera paralela a la línea de producción, el cual es colgado en la misma utilizando cable acerado. La estructura tipo C es más barata, requiere menos mantenimiento, pero, necesita de un espacio igual a la anchura de la línea de producción. La estructura tipo C tiene la ventaja de ser totalmente removible de la línea; en cambio, el tipo O, mientras más espacio aislado contenga, más remanentes son encontrados todo el tiempo en el transportador, donde este tipo de problemas podrían ser manejados por las personas de mantenimiento. La estructura tipo C ha sido la más popular.

Es difícil usar tales calibraciones en líneas de formación por la falta de uniformidad y variaciones de gruesos de las mantas, lo cual conduce a una serie de problemas. Por consiguiente, el uso popular de los sistemas de calibración es en estas líneas de producción. En el sistema de medición es común el implementar las bases de calibración de peso de la estructura tipo C antes del pre-prensado. En esta línea el sistema de calibración "ve" sólo, exclusivamente, la altura de la manta y no la del elemento de transporte despreciando, inclusive, el peso del mismo. Para prevenir esta lectura y, subsecuentemente, el uno o dos segundos que tarda en leer la próxima manta, el sistema de calibración puede ser ajustado para una recalibración a cero, generalmente, tomando como punto de referencia el centro de la manta y la entrada del amplificador puede ser retrocedida a cero por medio de una fotocelda, interruptor fónico o cualquiera de los otros sensores externos cuando el boquete aparece entre las diferentes capas de la

manta de partículas. La calibración cero del centro crea una fácil interpretación por parte del operador; partiendo de que él no tiene que recordar el valor absoluto del peso de la base sobre la cual se forma la manta y puede ser tomada una acción solamente cuando la medida se desvía un porcentaje dado del centro cero.

Una calibración típica por tal medida podría ser ± 0.5 lbs/pie². La precisión de la medida y la resolución del 1% de la balanza llena es $\pm 0,01$ lbs/ pie² para esta aplicación.

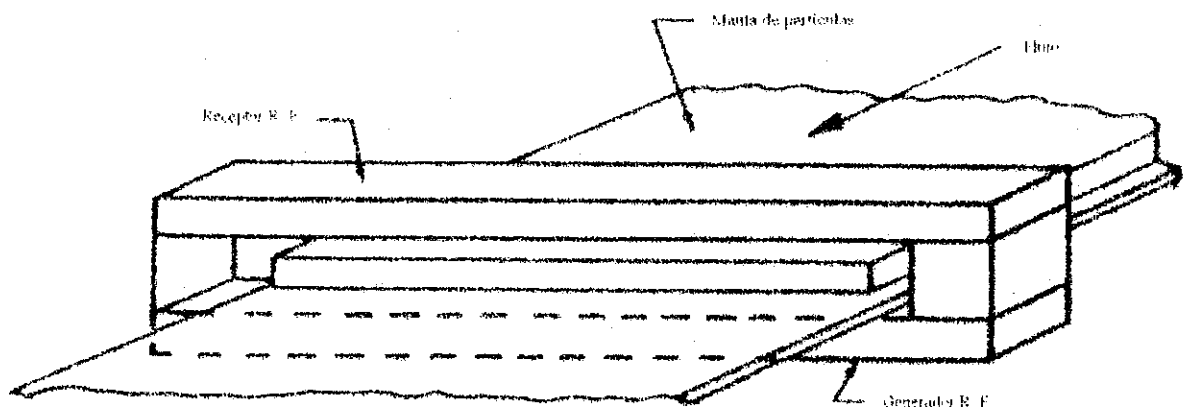
La detección y remoción de cualquier elemento metálico es de importancia extrema en todos los puntos de la línea de producción porque el equipo puede ser dañado con estas partículas de metal encontradas. Si las piezas de metal resultan de golpes de metal con metal, entonces, pueden ocurrir fuegos, explosiones o daños permanentes e inevitables a la maquinaria y en el ser humano. Las piedras también pueden causar este tipo de problemas, pero, tienen que ser manejadas con trampas para piedras.

La función que realiza cualquier detector de metal es variable debido a que no detecta toda clase de metales. A causa de esto, es necesario desarrollar un detector de metales, basado en imanes, imanes permanentes, electroimanes, poleas magnéticas, trampas de sistemas de aire (que son tan eficientes como los otros detectores de metal) etc. Algunos han discontinuado el uso de los detectores de metal, a causa de la inconstante utilización, dependiendo en cambio de los otros métodos de poder remover el metal y piedras.

Después de la formación de la manta, es necesario un detector de metal para mantener a los metales fuera de la prensa donde el daño que pueden causar ellos en los platos de la misma pueden ser totalmente desastrosos. Adicionalmente, el metal

acabaría en una de las caras exteriores de la tabla final, donde podría dañar a otros equipos, como la cortadora o la lijadora. Cuando se descubre metal en una manta, la misma es rechazada y desarmada hasta encontrar la pieza extraña evitando, así, daños a equipos sin tratar de rescatarla ya que ésta es una operación muy retardada.

Figura 1. Dibujo de un detector de metales simple.



Fuente: THOMAS M. MALONEY. **Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Pag. 485**

El principio de funcionamiento de un detector de metales es a través de un generador de la frecuencia de radio y RF receptor. El generador de radio emite un campo magnético (RF) y es ajustado a un receptor, así queda en circuito cerrado el campo del generador. Aquí logramos el equilibrio entre el generador y el receptor. Este balance se perturba con cualquier tipo de material ferroso que pasa entre el generador y el receptor. Cualquier cambio es monitoreado por el receptor, el cual hace sonar una alarma cada vez que detecta algo inusual dentro de la manta.

1.3. Diferentes tipos de diseños de máquinas formadoras

1.3.1. Formadora que utiliza un sistema de clasificación de partículas a través de aire

Es un tipo de máquinas formadoras que usa el principio de separación a través de aire o viento para regular las múltiples capas del tablero. Se desarrolló, originalmente, para prensas de abertura simple y se usa, extensivamente, alrededor del mundo. Ha sido particularmente popular en los Estados Unidos en plantas de tableros de partículas de madera. Ahora se encuentra sometida a múltiples pruebas y revisiones para ser usada con materiales fibrosos.

Esta máquina formadora produce una manta con capas de partículas finas en las caras y sin capas diferentes en el resto del tablero, a menos que se utilicen cabezas distintas para las caras exteriores y el centro. La partícula es clasificada, según el tamaño, desde el material tosco del centro de la manta al material más fino de las caras. Esto es hecho, automáticamente, indiferentemente del material a ser alimentado a la máquina formadora, así se asegura que ninguna partícula larga o gruesa acabe en las superficies de la manta. Con este sistema, la clasificación de partículas ya no es un problema crítico y se reducen desechos de producto terminado por características pobres de superficies. La experiencia ha mostrado que la máquina formadora tipo **Bison** puede producir, satisfactoriamente, una amplia gama de tableros.

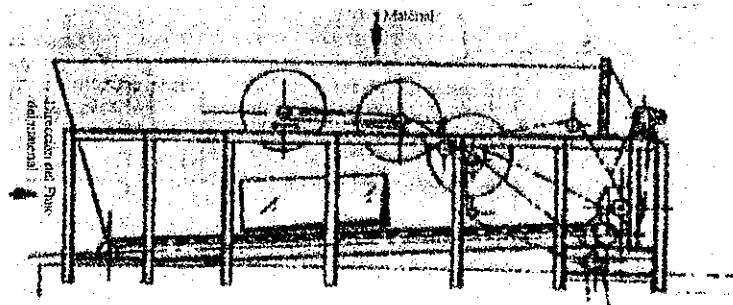
Este tipo de formadoras utiliza un sistema de aire de baja presión diseñado para dar un flujo de aire uniforme. El efecto de flujo de aire horizontal es para soplar las partículas más finas y expandirlas a los extremos de la máquina formadora, mientras las partículas más pesadas se dejan caer casi verticalmente en el centro de la misma. La

distancia exacta que las partículas viajan antes de ser depositadas es una función de la relación entre su masa, velocidad de caída y la velocidad del aire.

Es de mayor prioridad el reducir las variaciones de densidades de las planchas finales y la tabla es medida a través de bobinas que gradualmente reducen la altura del área medida. En este tipo de formadora, algunos materiales son siempre recirculados, lo cual es un problema cuando se usa una resina altamente sensible y de reacción rápida. En este caso el tablero se debe enfieltrar sin retraso u ocurrirán problemas dentro de la línea de producción. Otros tipos materiales pueden ser transportados sin recirculación para eliminar este problema.

En las máquinas formadoras para líneas de producción con prensa de abertura simple, hay un mecanismo que deja caer el material entre dos bancos de conductos de aire. El primer ducto está retirado del segundo para permitir el paso de las partículas a través de ellos. Cada conducto individual tiene su propia válvula de control de aire. Allí hay también pantallas verticales abajo y atrás del sistema de aire, para asistir en la operación de nivelación de la manta. Esta formadora se usa, también, en unas plantas pequeñas con sistema de apertura múltiple en la prensa.

Figura 2. Diseño básico de la formadora tipo Bison.

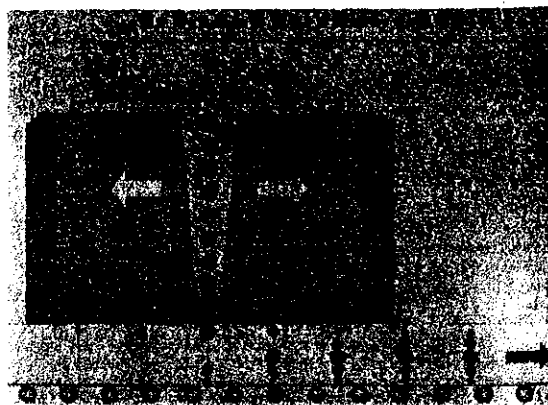


Fuente: THOMAS M. MALONEY. **Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Pag. 487**

La máquina formadora original tipo **Bison** usada en los Estados Unidos separó este conducto de aire e invirtió el sistema de ventilación. Un ventilador común fue colocado en el centro con una succión de aire a un lado de la máquina. Este ventilador descarga en ambas direcciones logrando, así, separar el material uniformemente. Esta unidad tiene una mayor capacidad que la máquina previamente mencionada y produce una manta de partículas de madera más uniforme.

Se debe mencionar que la máquina formadora original usada en los Estados Unidos estaba en una planta con un sistema de apertura múltiple en su prensa. Plantas más nuevas no han usado este tipo de diseño en sus máquinas debido a que tienen una capacidad limitada. Se aprendió también que la dirección del aire del ventilador de descarga dió por resultado características diferentes en la superficie de las tablas. En un lado, el aire descargaba en un movimiento descendente general y, en el otro lado, en un movimiento dirigido hacia arriba. Las características de la dirección del aire eran diferentes en cada lado de la máquina.

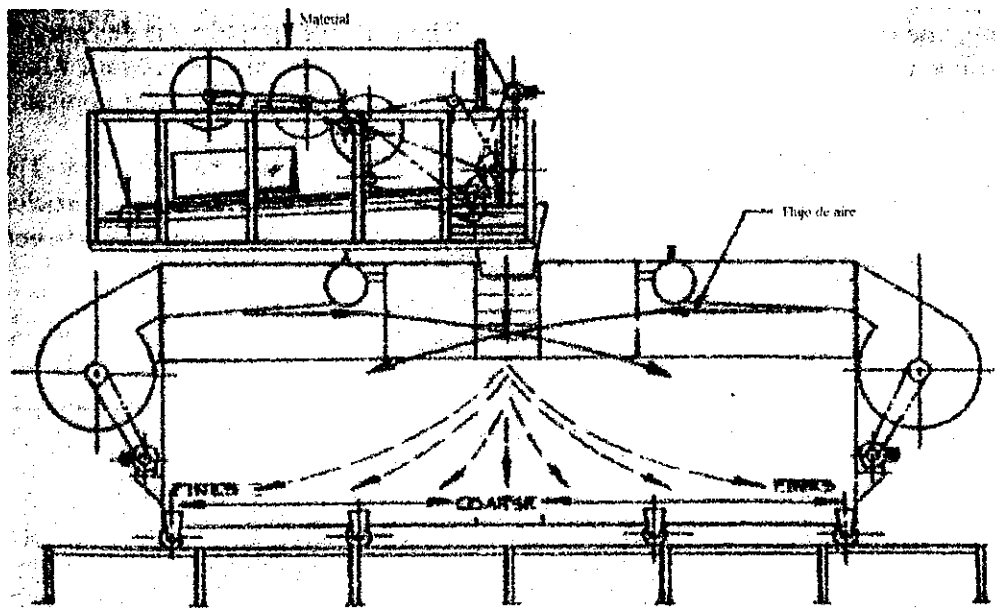
Figura 3. Una ilustración en detalle del método del diseño de máquina formadora tipo Bison.



Fuente: THOMAS M. MALONEY. Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Pag. 486

La siguiente innovación era separar las secciones de la superficie y usar un ventilador por separado para cada una de ellas. Un mecanismo similar a este fue situado entre los ventiladores para una medición más exacta de una sección homogénea del centro. Este hecho, en efecto, agregó versatilidad a la máquina. Una dosificación de resina por separado para la parte del centro del tablero fue tan satisfactorio como la distribución general de humedades en toda la tabla. Más allá, un tipo diferente de hojuela o partícula puede ser separado hacia afuera para ser usada en las secciones del centro únicamente.

Figura 4. Máquina formadora tipo Bison en líneas de prensas de simple abertura.



Fuente: THOMAS M. MALONEY. Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Pag. 487

Como con todas las máquinas formadoras, la acción de formación ocurre dentro de una sección en forma de caja grande. Debido a la nube de polvo que se levanta durante la operación, particularmente, en la producción de tableros finos, es difícil observar y controlar qué tipo de material va hacia adentro de la máquina. Ésta es una

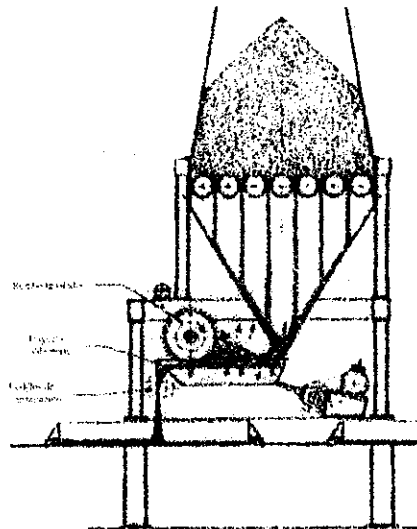
desventaja cuando la formadora no está funcionando apropiadamente y el operador trata de ajustar la máquina. Las máquinas más grandes forman las caras y el centro separadamente, y, han tenido una revisión reciente en fabricación y diseño haciendo más fácil la determinación del punto exacto de la máquina en donde se está llevando a cabo el mal funcionamiento del equipo. Así, el operador puede ver que parte del equipo está teniendo problemas. Adicionalmente, un "scalper" (un sistema de rodillos de pines que uniformiza el colchón de astilla en la parte superior, logrando, así, una altura uniforme) ha sido colocado en la parte de alimentación exterior de la sección del centro para nivelar el colchón de astilla antes de que el borde del mismo sea depositado. Este nivel del colchón de astilla antes de formar el tope de la cara se manejó de una manera diferente en el diseño **Bartev**, donde el material depositado era pre-prensado antes de distribuir la última capa de material sobre la manta.

1.3.2. *Formadoras tipo Fahrni*

Las plantas "Novopan" han utilizado, satisfactoriamente, en todas partes del mundo el diseño de máquinas formadoras más antiguo, el "Fahrni". Este diseño de máquina formadora trabaja con el principio de sobreponer capas múltiples una encima de otra. El sistema múltiple de formación es diseñado para asegurar que se orienten las partículas, principalmente, en la dirección horizontal, lo que da por resultado una manta de partículas compacta. Este asiste en el sentido de reducir la necesidad de un pre-prensado y estrecha el tamaño de la abertura de la prensa requerida.

Cara y centro del tablero son alimentados en silos separados sobre la línea de formación. El tablero es entonces medido dentro de una banda horizontal que alimenta las partículas debajo de un rodillo que peina el producto midiendo, a la vez, logrando una calibración exacta.

Figura 5. Principio de funcionamiento de la formadora tipo Fahrni con trayecto horizontal y sistema dosificador.

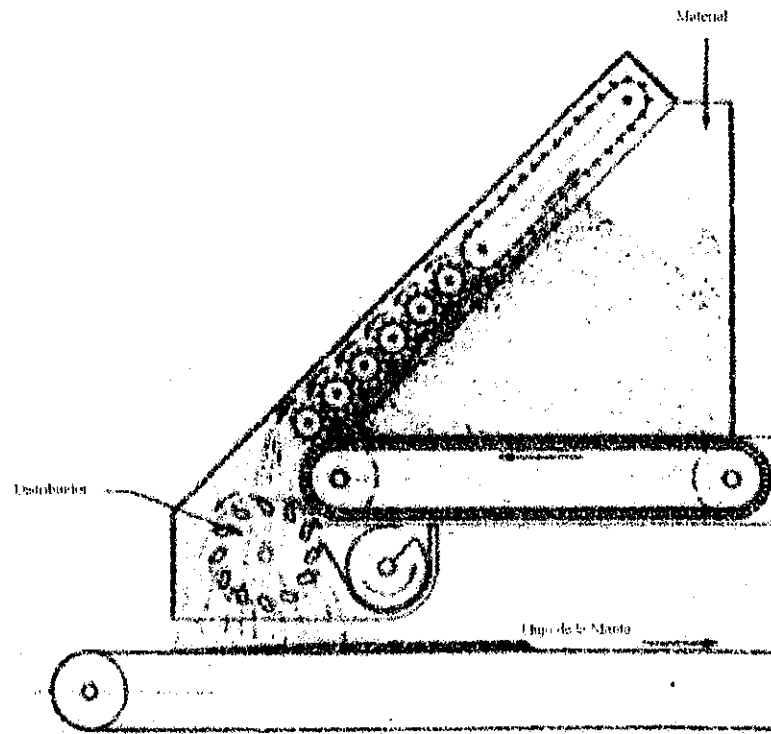


Fuente: THOMAS M. MALONEY. **Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing.** Pag. 489

El espacio entre la banda transportadora y el rodillo medidor se puede ajustar para dar a la manta la altura deseada. El material de astilla medido cae entonces entre los rodillos que depositan las partículas hacia el sistema de transporte adecuado.

Una formadora de diseño aún más sofisticado se ha desarrollado específicamente para líneas de formación que requieren una capacidad de esparcimiento mayor. El silo vertical o depósito de alimentación es reemplazado por uno de tipo horizontal. Este diseño previene errores de funcionamiento por mando inadecuado. Otros refinamientos incluyen un alimentador denominado "de bolsillo" para una alimentación más exacta en la jaula. La jaula consta de tubos hechos de acero que cuelgan entre los dos discos rotativos del mismo material. El material se deja caer en la jaula por distribución en el transportador de la manta de partículas.

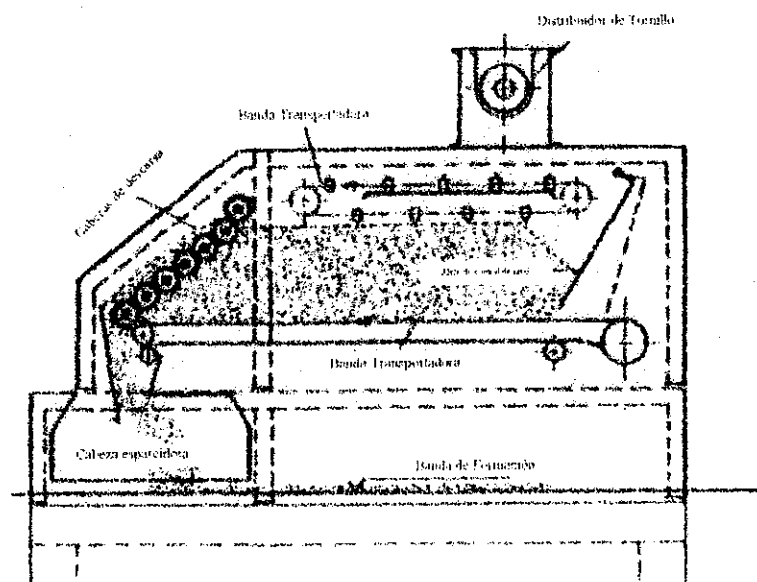
Figura 6. Un nuevo diseño de formadora tipo Fahrni.



Fuente: THOMAS M. MALONEY. *Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. Pag. 489

1.3.3. Formadoras tipo Schenck

Un número de diversos diseños a tomar en cuenta en las máquinas formadoras han sido tomadas en cuenta por **Carl Schenck Maschinenfabrik GmbH**. Esta máquina llamada así en honor a su diseñador tiene una sola cabeza de lanzamiento de material. Normalmente se usan varias cabezas colocadas en serie, dependiendo de la capacidad requerida. Varios dosificadores se arrancan delante de la estación de formación para una medición de material dentro de la cabeza de lanzamiento de material. El material se descarga, volumétricamente, con el peso del flujo del material controlado por un sistema de pesado instalado en serie.

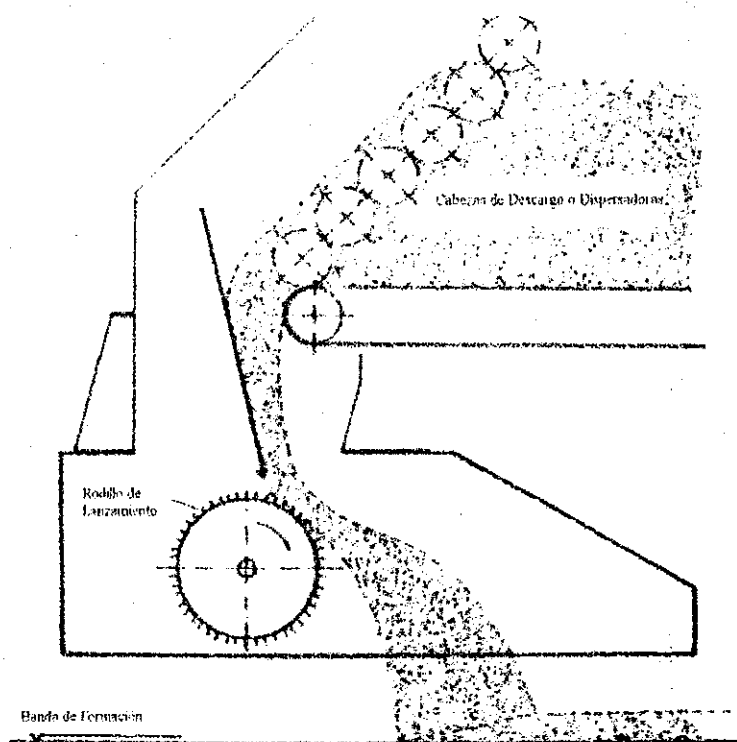
Figura 7. Formadora tipo Schenck de cabeza simple.

Fuente: THOMAS M. MALONEY. **Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Pag. 490**

Una cabeza de lanzamiento de material posee un rodillo ajustado con pines de acero o plástico para lograr una mejor distribución de material. La rapidez del rodillo de distribución de material que cae por efecto de la gravedad se ajusta, según la necesidad de clasificación deseada, la cantidad de partículas requeridas a ser formadas y el tipo de partículas. Un requisito previo para esta operación es el ajuste preciso del punto donde las partículas vienen en contacto con el rodillo de lanzamiento de material respecto de la velocidad del sistema de transporte de la manta. Aquí, las partículas bajan del dosificador de alimentación y caen en un sistema de aire controlado. La trayectoria más larga es recorrida por los materiales más finos, mientras que las partículas toscas tienen la trayectoria más corta. Esto da por resultado una manta de partículas formada con una diversidad de capas graduadas. La descarga de aire en exceso es filtrada a la atmósfera.

Existen, dentro de este tipo, las formadoras de tableros de partículas de madera con un sistema de dos rodillos con pines plásticos largos que giran en direcciones opuestas y que la "luz", entre ellos, puede ser ajustada. Esto impide el movimiento libre de las partículas cuando caen. La acción de los rodillos de pines rotativos causa la caída de las partículas en diferentes y pequeñas curvas de descenso. El área ancha de desintegración de las partículas formadas en la manta desarrolla un ángulo bajo de deposición de partículas, denominado "concepto de velo ancho". Este bajo ángulo es importante para asegurar que partículas o hojuelas se encuentren en la posición deseada adentro de la manta de partículas, tal y como se mencionó previamente.

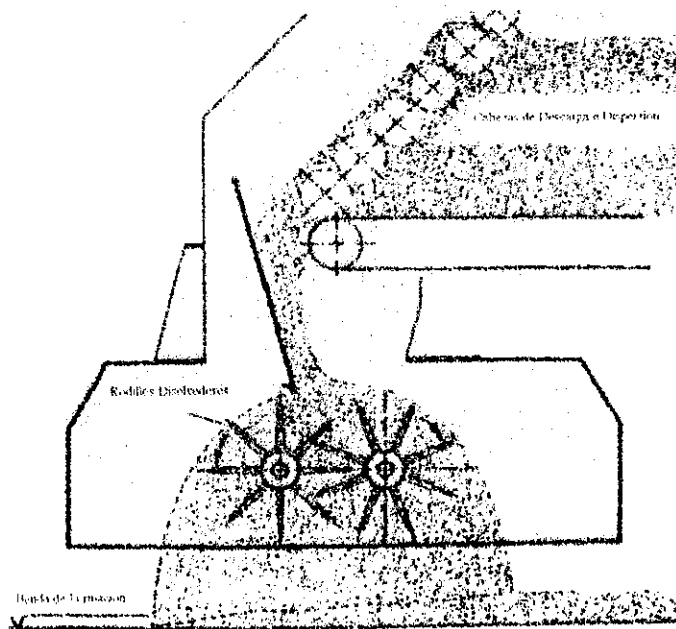
Figura 8. Cabeza formadora a gravedad.



Fuente: THOMAS M. MALONEY. Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Pag. 491

Existe una máquina formadora con un sistema triple de rodillos, el cual está diseñado de una manera similar a la descrita en el párrafo anterior, las combinaciones de velocidades de los tres rodillos son infinitamente variables y, como se puede ver, la sección de la máquina que contiene a los rodillos está inclinada ligeramente. El primer rodillo de pines transfiere parte de las partículas a los próximos dos rodillos, considerando que el excedente de las partículas cae entre los dos primeros rodillos. Estos tres rodillos de lanzamiento de partículas distribuyen al material en una gran longitud, dando por resultado una manta de partículas muy uniforme y compacta en el sistema de transporte utilizado. La formadora es ahora utilizada, principalmente, para la distribución del material del centro, aunque es usada también para las superficies, a menos que el efecto de graduación sea demasiado grande. Uno de estos tres rodillos es utilizado, especialmente, como cabeza de lanzamiento y distribución del material tosco y para las partículas finas depositadas en las capas de la superficie. Usa, además, un gran rodillo de distribución y los otros dos rodillos causan un efecto de "rastrillo" en el material a través de los pines que poseen. El rodillo de distribución o lanzamiento de material y los otros dos rodillos de efecto de rastrillo rotan en direcciones opuestas. Las revoluciones por minuto (r.p.m.) de los rodillos de efecto de rastrillo son ajustables separadamente a través de variadores de velocidad electrónicos. A causa de la velocidad tangencial del rodillo de distribución comparado con el primer rodillo de efecto de rastrillo, las partículas toscas son dañadas, hasta cierto punto. El mismo rodillo de distribución "peina" hacia afuera una porción uniforme de las partículas hacia el segundo rodillo de rastrillo. La velocidad tangencial del segundo rodillo de rastrillo es más lenta todavía, que de nuevo causa que el rodillo de distribución peine hacia afuera otra nueva porción uniforme de partículas. Así, las partículas toscas son desechadas completamente y la acción de proporción de los rodillos asegura que la cantidad de partículas depositadas son las requeridas.

Figura 9. Cabezas esparcidoras gemelas.



Fuente: THOMAS M. MALONEY. **Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing.** Pag. 492

1.3.4. Formadoras tipo Durand Microfelter

El Durand Microfelter (originalmente, conocido como el Columbia Microfelter) fue diseñado para ser usado en tableros con partículas de flujo libre. Esta máquina formadora opera con el principio de mediciones volumétricas, un volumen constante es descargado solamente cuando la cabeza y todas las otras condiciones al punto de medición son constantes. En diseño, la máquina se divide en dos secciones: la superior para mediciones primarias y, el más bajo, para mediciones de precisión y formación de la manta de partículas.

Los rodillos de medición superior son montados y diseñados de manera especial ya que cuentan con dientes perfilados que formarán un fondo en el depósito de

alimentación superior, el cual se inclina hacia la siguiente sección de la máquina para eliminar cualquier suspensión. En funcionamiento, estos rodillos de alimentación superior miden y promedian una cantidad de material proveniente del depósito de alimentación hacia la sección de formación. La distribución a través del ancho de la máquina es bastante uniforme y la acción del diente tiende a disolver cualquier haz de partículas.

Los siete rodillos de formación más bajos forman un fondo inclinado para lograr un volumen constante de recirculación de material en la tolva desde el cual se dibuja un volumen uniforme a través del ancho de cada rodillo. Para asegurar que el volumen de material es constante en esta sección, el rodillo de alimentación superior se ajusta para sobrealimentar los requerimientos de la manta de partículas. El sistema de transporte aéreo "barre" el material a lo largo para llenar cualquier vacío inferior al nivel de dichas barras barredoras, y, lleva el exceso por encima hacia el retorno en la banda transportadora pasando a través del final del depósito de alimentación más bajo. Este exceso de material es retornado por medio de una banda transportadora al depósito de alimentación superior.

Los siete rodillos de medición dejan caer siete diferentes cortinas de material de la formadora. Como se mencionó, el material tosco no trabaja, adecuadamente, en este tipo de formadora. También el alto contenido de humedad en el material tenderá a causar problemas entre los rodillos. Los rodillos pulidos de medición o algunos especialmente cubiertos aliviarán algunos de estos problemas. La formación puede ser afectada por corrientes de aire ajenas al proceso y éstas deben ser controladas para prevenir mantas de partículas mal formadas. Para producir tableros de capas, varias de estas cabezas formadoras son situadas en serie; por ejemplo, uno para cada cara y dos para el centro. Se puede ajustar la anchura de la manta, fácilmente, moviendo las

compuertas laterales. Las porciones de borde no deseado de la manta son desviadas en un retorno hacia adentro de la máquina formadora.

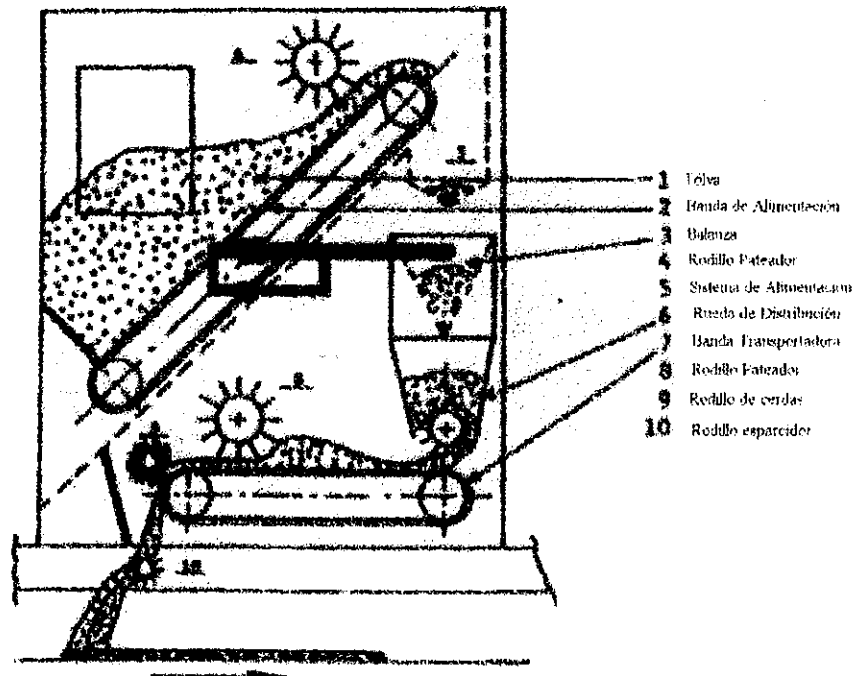
1.3.5. Formadora tipo Würtex

La formadora tipo *würtex* controla el proceso de formación a través de un sistema sencillo, pero, efectivo, de relación entre peso y volumen y es normalmente utilizada en múltiplos de dos, es decir, una enfrente de la otra en posición de espejo. Se alimenta el material en el depósito de alimentación, preferiblemente, a través de una banda con "rascadores" para asegurar una distribución uniforme a través de todo lo ancho de la máquina. El material, entonces, es alimentado desde el depósito de alimentación hacia el sistema de pesado o tolva de dosificación por medio de un transportador que posee cierto ángulo de inclinación. El rodillo "pateador" asegura que se alimentará una capa uniforme en la tolva de pesado. Tan pronto como el lote de material ha sido entregado a la balanza, el depósito de alimentación se cierra, neumáticamente, a través de dos válvulas servo pilotadas, eléctricamente, mientras que, al mismo tiempo, el transportador inclinado es detenido por la acción de un embrague electromagnético hasta que el depósito de alimentación del sistema de pesado ha entregado el lote y le ha retornado a la posición de inicio del ciclo no permitiendo la caída de material hacia el siguiente paso.

Los lotes de material entregados a intervalos predeterminados por el sistema de pesado son alimentados hacia el transportador de descarga por un sistema de distribución gobernado por levas. Así, el proceso toma cuidado en la igualación preliminar de los lotes descargados, después de cada ciclo de pesado. Por ajuste del rodillo de igualación vertical el volumen del material, es mantenido a un nivel constante. La rapidez del transportador de descarga puede ser variable, infinitamente, para que el material pesado durante el tiempo predeterminado pueda ser manejado

independientemente del peso necesario en la manta de partículas; así, combinando el peso y el volumen es asegurado un lote de material lo más uniforme posible.

Figura 10. Estación formadora tipo Würtex para tableros de partículas convencionales.



Fuente: THOMAS M. MALONEY. *Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing.* Pag. 496

El rodillo de cepillos con ajuste vertical y angular alimenta el material hacia el rodillo de agujas que, entonces, distribuye el mismo en el sistema de transporte correspondiente por debajo de la estación de formación.

El sistema de pesado es un recipiente con dos aletas o puertas flexibles que son abiertas y cerradas por medio de un sistema de levas. Cuando se cierra la máquina de pesado, el motor es detenido por interruptor de límite en preparación para la pesada del próximo lote. Las aletas o puertas de alimentación son abiertas, entonces, a través de

dos válvulas magnéticas y se activa el embrague electromagnético para alimentar el material a la máquina de pesado por la banda transportadora inclinada. Una vez el peso apropiado es alimentado en el depósito del sistema de pesado, el mismo es neumáticamente cerrado por medio de un interruptor y el transportador es detenido por efecto del embrague electromagnético. Las compuertas del sistema de pesado son, entonces, abiertas, dejando caer el lote de material dentro de la tolva de distribución.

La manera a través de la cual el material es dejado caer en el sistema de transporte debajo de la estación de formación puede ser variado por la velocidad y posición del rodillo de pines. Por ajuste propio, se pueden tirar las partículas más grandes más lejos que las partículas finas así que, cuando las dos estaciones de formación son usadas, entonces, un tablero de partículas de madera de tres capas puede ser formado. Cuando el sistema de cuatro estaciones de formación es usado, la primera y última estación forman las capas superficiales y para la formación de la capa del centro son utilizadas las otras dos estaciones.

Un sistema de clasificación a través de aire ha sido construido dentro de este tipo de formadoras utilizando presión atmosférica negativa (sistema de vacío) en lugar de presión positiva como en la máquina formadora descrita anteriormente. En otras palabras, la clasificación es hecha succionando en lugar de soplar. Con este sistema de clasificación, las partículas muy delgadas tienden a volar hacia los extremos de la formadora, permitiendo, así, que terminen exclusivamente en las caras del tablero en formación. Un pequeño diseño ha sido revisado y puesto en marcha para lograr que en esta formadora las partículas finas sean depositadas solamente en las caras. Una malla metálica vibratoria con agujeros grandes es colocada en el sistema de aire lanzando, hacia fuera, las hojuelas delgadas y largas, causando la caída de este material en el centro de la manta de partículas que se están formando. Las partículas finas pasan por la pantalla y se depositan en las caras de la manta de la manera normal.

Durante la operación de una formadora tipo Würtex, un usuario halló que el nivel de material en el depósito de alimentación tiene que ser controlado por un control de nivel superior e inferior. Si el nivel de material permitido es demasiado alto o demasiado bajo, el rodillo pateador superior no puede realizar su trabajo eficientemente. Una relación estrecha entre las velocidades de la banda transportadora inclinada y la cantidad de material que pasa por la formadora debe ser mantenida, lo cual requiere a un operador experimentado.

Una ventaja de la máquina formadora tipo Würtex es que las hojuelas son lanzadas con cierta fuerza hacia la manta de partículas a ser formada, lo que da por resultado, una manta relativamente compacta y delgada.

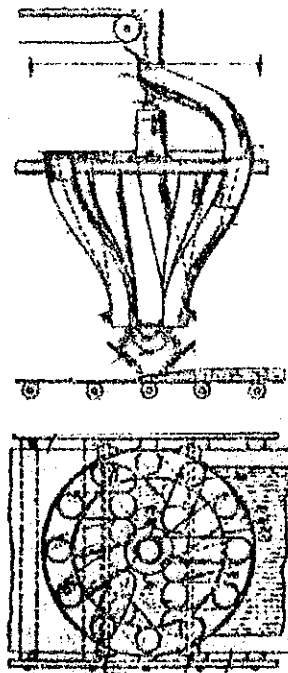
1.3.6. Formadoras tipo Wafer (para hojuelas tipo oblea)

Las obleas son hojuelas de madera alargadas, los extremos de las mismas son afilados si se producen según el concepto original, de cualquier modo, éste no es el caso normal con relación a las obleas usuales de un grosor o espesor relativamente uniforme. Estas partículas largas son difíciles de transportar y son manejadas con equipo diseñado para procesos "convencionales" de tableros. Cada oblea es una pequeña cuña potencial y varias de estas pueden trabajar rápidamente en conjunto y atascarían las partes mecánicas del equipo utilizado en el proceso. El uso de transportadores de aire no es recomendado, debido a que, usualmente, resultan en el rompimiento de las obleas.

Las obleas son alimentadas hacia una cabeza de distribución en el tope de la máquina formadora por medio de una banda transportadora. La cabeza de distribución deja caer las obleas dentro de una serie de tubos en forma de espiral. La configuración de la serie de tubos de la formadora se encuentran en forma de filas atravesadas a lo ancho de la manta a ser formada. Las obleas entran en la cima de la formadora siendo

separados después en una serie de pequeñas oleadas que depositan las obleas a través de todo el sistema de transporte que viaja debajo de la máquina formadora. Con esta formadora no ocurre ningún atascamiento de las obleas, para alimentación del material, una banda transportadora es utilizada y pasa a la formadora por efecto de la gravedad. Cierta número de estas formadoras o cabezas de formación pueden ser alineadas en serie para formar el monto de material deseado.

Figura 11. Formadora usada para lanzar obleas sobre la manta.



Fuente: THOMAS M. MALONEY. **Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Pag. 499**

La combinación de la formadora Würtex y de las modificaciones previamente descritas fue utilizada por Durand Microfelter, dicho diseño es usado también con éxito para formar colchones de obleas. En la Microfelter las obleas son medidas en el rodillo distribuidor de la máquina.

2. ANÁLISIS Y DETECCIÓN DEL PROBLEMA

2.1. *Reseña histórica*

En la década de los 40 en la cultura oriental, específicamente la japonesa, inició un movimiento que iba a revolucionar la manera clásica de pensar y actuar del mundo entero. Después de la segunda guerra mundial, la economía japonesa se encontraba por los suelos y necesitaban implantar algún sistema que les ayudara a restablecer y mejorar los niveles económicos con los que en ese momento contaban. Estados Unidos de Norteamérica, sin saber lo que tenía en sus manos, ofreció ayuda y envió al Dr. Deming al Japón para que asesorara, económicamente, todas las actividades que se fueran a realizar para lograr las mejoras necesarias y ayudarles a salir del gran abismo económico en el que se encontraban; así, el Dr. Deming impartió y enseñó sus nuevas y revolucionarias teorías con respecto a un sistema denominado "Calidad Total" las cuales decían que "para conocer la calidad en la administración y la ingeniería como sistema, se deben identificar las variaciones o fluctuaciones en los procesos, lo cual permite detectar y eliminar defectos, reducir costos y aumentar la productividad". Esta nueva filosofía fue acogida con éxito dentro de la cultura japonesa, tanto así, que Japón tomó como herramienta básica de trabajo el control total de calidad, logrando colocarse en pocos años en el segundo lugar como potencia económica mundial después de los Estados Unidos.

A raíz de esa filosofía surgieron muchas otras, cada una con ciertas diferencias, pero, girando entorno de la misma idea y esencia central. Siempre en la cultura oriental una nueva corriente filosófica tomó auge, el Dr. Ishikawa con su filosofía en "control total de calidad", la cual la describe de la siguiente manera: "Control de calidad es un

sistema de métodos de producción, que, económicamente, genera bienes o servicios de calidad, acorde con los requisitos de los consumidores”; el Dr. Ishikawa hace énfasis dentro de su filosofía en que hay que conocer “la verdadera calidad” definiéndola como “aquella que cumple con los requisitos de los consumidores”; de aquí se creó aquella filosofía de la “q” minúscula y de la “Q” mayúscula la cual dice:

- q : “atributos que cumplen con las expectativas del cliente”;
- Q : “atributos que exceden las expectativas del cliente”

Luego, surgió otra corriente filosófica también en Japón, El Kaizen, la cual dice: “Una empresa de éxito es la que logra mantenerse en el mercado a la vanguardia de todos los cambios que suceden constantemente”, en general, Kaizen cree que debe existir “un mejoramiento continuo” pero no sólo en la empresa sino que también en la vida personal, familiar y social. Una de las características primordiales es el contar con una eficiente retroalimentación para saber, constantemente, lo que el cliente piensa y necesita.

Junto con estos movimientos surgió otra filosofía importante pero ya en la cultura occidental, dicha filosofía era la de “cero defectos” de Philip Crosby quien cree que una empresa con problemas de calidad es aquella en la que los productos o servicios por lo general, presentan desviaciones respecto de los requisitos de los clientes; Crosby señala que la calidad puede implantarse de diferentes formas y que los catorce pasos que él sugiere no son estáticos sino que pueden adaptarse, según la empresa.

El Dr. Jurán implantó también en occidente una nueva idea de calidad, él cree en los tres procesos básicos que orientan una empresa hacia la calidad:

1. planeación de la calidad,
2. control de la calidad y
3. mejoramiento de la calidad.

El objetivo de la etapa de planificación es el suministrar a las fuerzas operativas los medios para producir productos que puedan satisfacer las necesidades de los clientes, la planificación comprende las siguientes actividades básicas:

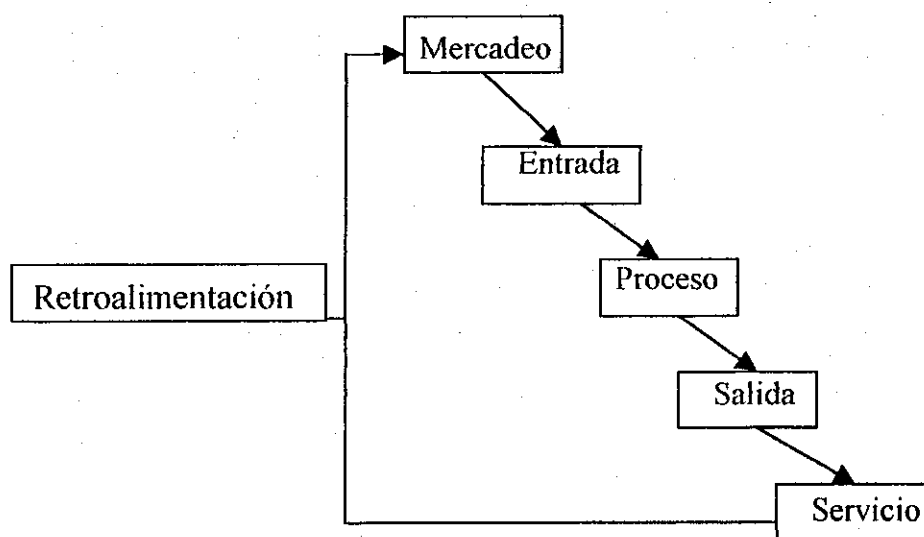
1. identificación de clientes,
2. descubrir las necesidades de los clientes,
3. traducir dichas necesidades a nuestro lenguaje,
4. establecer unidades de medida,
5. establecer métodos de medida,
6. desarrollar el producto,
7. optimizar el diseño del producto,
8. desarrollar el proceso y
9. optimizar el proceso.

Dentro del proceso del mejoramiento de la calidad, el Dr. Jurán toma muy en consideración los problemas que resaltan después de implementar el control de calidad y dice que “los problemas esporádicos son dramáticos y deben recibir atención inmediata”.

Cualquiera de estas corrientes filosóficas pueden ser utilizadas y combinadas para implementar un sistema de calidad dentro de la empresa, pero, se debe observar cuidadosamente que todas ellas redundan y coinciden en un mismo punto en común, conocer las necesidades reales del cliente y brindarles lo que realmente desean. Todas

ellas toman como base el siguiente sistema de técnicas y actividades operacionales que son usados para cumplir con los requisitos mínimos de calidad:

Figura 12. Proceso de actividades básicas operacionales que realizan las empresas de manufactura



Este es un ciclo que inicia conociendo las expectativas y requerimientos del cliente (implícitos y explícitos) y termina con el servicio asociado (post venta).

La finalidad de la retroalimentación es mantener, estrechamente, información sobre las necesidades del cliente y cualquier variación en ellas. Además, estas cinco corrientes filosóficas tienen también en común otro aspecto, detallar las necesidades del cliente, estudiarlas y analizarlas, planear la solución y llevarla a cabo para luego seguir retroalimentando.

Gracias a este tipo de actividades y a la retroalimentación se pudo percatar de que los tableros de partículas de madera, manufacturados, en una máquina formadora,

tipo Würtex, cuentan con un problema de fabricación; los tableros llenan los requisitos de diseño pero no así los de cierto grupo de consumidores. Se recopilaron los reclamos, se estudiaron, se localizó el problema, se analizó y se eliminó; todo esto se realizó tomando, como principio fundamental, los conceptos básicos que estas filosofías proporcionan; en especial, la solución del problema se basó en los métodos que el Dr. Jurán recomienda, según su trilogía (planeación, control y mejoramiento de la calidad). El proceso de resolución del problema con que los tableros de partículas de madera cuentan, se presenta y detalla a continuación.

2.2. Surgimiento del problema

Dentro de la empresa, empezaron a surgir problemas, específicamente, en el departamento de ventas, un pequeño grupo de clientes dedicados a la manufactura de muebles, en general, empezó a prescindir del producto; este pequeño grupo incidía fuertemente en el incremento de ventas globales de la empresa y, por ende, en los márgenes de utilidad con los que se contaban. Aproximadamente, un 13% de las ordenes de pedido fueron suspendidas por un período de tiempo. Intrigados por el problema y desconociendo la causa del mismo, se realizó un estudio basado en encuestas telefónicas y personales con la finalidad de recabar información que pudiera proporcionar respuesta a las interrogantes que se generaron.

Los resultados obtenidos fueron realmente alertadores, este grupo de consumidores se quejaba de que los tableros de partículas de madera no contaban con una uniformidad de densidad en toda la tabla, que al seccionarla se encontraban partes mal compactadas y, por ende, con baja densidad.

A continuación se detalla la clasificación, en general, del tablero aglomerado de partículas de madera.

Tipología

- ❖ **Por el material:**
 - ❖ Partículas,
 - ❖ resinas (Urea-Formol, Urea-Melamina-Formol, Fenol-Formol).

- ❖ **Por el tipo de fabricación:**
 - ❖ prensado plano,
 - ❖ extrusión.

- ❖ **Por la conformación:**
 - ❖ Uniformes,
 - ❖ Multicapas,
 - ❖ distribución continua.

- ❖ **Peso específico:**
 - ❖ ligero (de 250 a 450 Kgf/m³) denominado también de baja densidad,
 - ❖ semipesado (de 451 a 750 Kgf/m³) densidad media,
 - ❖ pesados (de 751 Kgf/m³ en adelante) densidad alta.

- ❖ **Acabado de caras:**
 - ❖ no lijados,
 - ❖ lijados,
 - ❖ revestidos.

❖ **Por el tratamiento:**

- ❖ hidrófugos (resistentes a la humedad)
- ❖ ignífugos (resistentes al fuego).

En el caso de la empresa, el tablero aglomerado de partículas de madera pertenece a la siguiente clasificación:

por el material,	:	de partículas,
por el tipo de fabricación,	:	de prensado plano,
por la conformación,	:	multicapas,
por el peso específico,	:	semipesados,
por el acabado de caras,	:	lijados.

El problema reportado se refería, específicamente, a la clasificación por el peso específico y era esa característica la que debía de analizarse.

2.3. *Revisión de cumplimiento en especificaciones de diseño*

Debido a los resultados obtenidos en el estudio realizado por el departamento de ventas se decidió verificar si los tableros que se manufacturaban cumplían con las especificaciones de diseño y con las características arriba mencionadas, por lo que se realizó un estudio (ahora en la planta industrial) para corroborar y verificar el problema, el mismo se realizó de la siguiente manera:

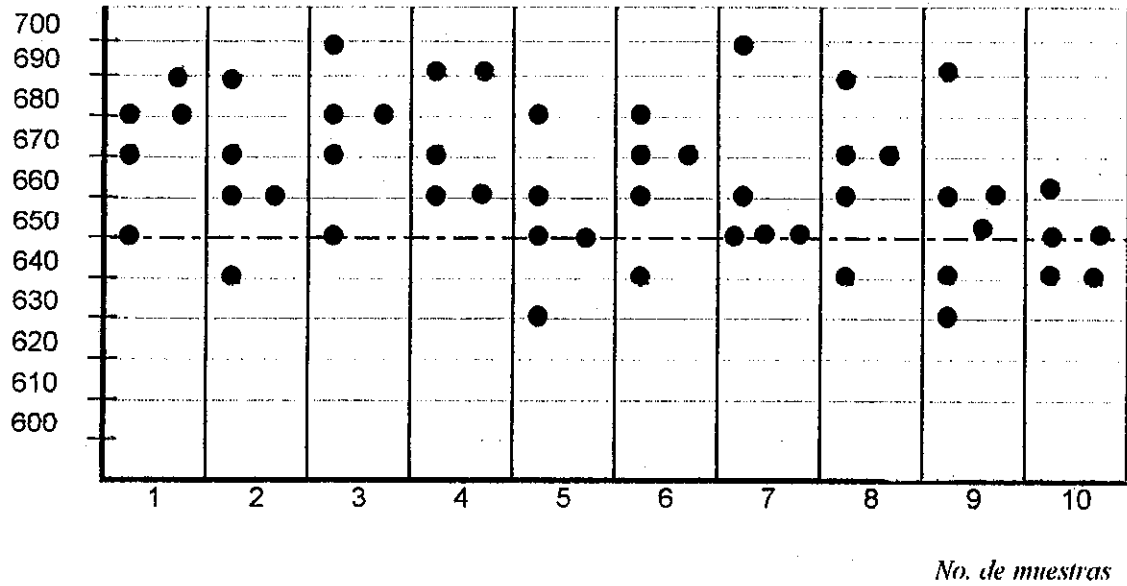
2.3.1. Verificación del problema

El primer paso es verificar si el problema se está dando o no y si el estudio hecho por el departamento de ventas era veraz, por lo que se debe realizar un control estadístico para establecer el problema. Los pasos a seguir para establecer la gráfica de control que ayudará en la verificación del problema son los siguientes:

2.3.1.1. Pruebas de densidad hechas al tablero de partículas de madera

1. Elegir la característica que debe graficarse : densidad final del tablero aglomerado. La cual será medida a partir del producto ya manufacturado y de lotes de producción futuros, siendo, además, una característica definida por variables (se medirán los valores de dicha característica).
2. Elegir el tipo de gráfica de control : Gráfica de rango R y promedio \bar{X} , debido a que dichos gráficos permiten controlar características individuales, además de proporcionar una utilización máxima de la información disponible de datos.
3. Se escogieron cincuenta medidas (diez muestras de cinco cada una), veinticinco fueron escogidas de tableros aglomerados ya fabricados y las otras veinticinco de lotes que se produjeron.

Densidad



4. Se procedió a establecer, a partir de la gráfica anterior, los promedios y los rangos muestrales.

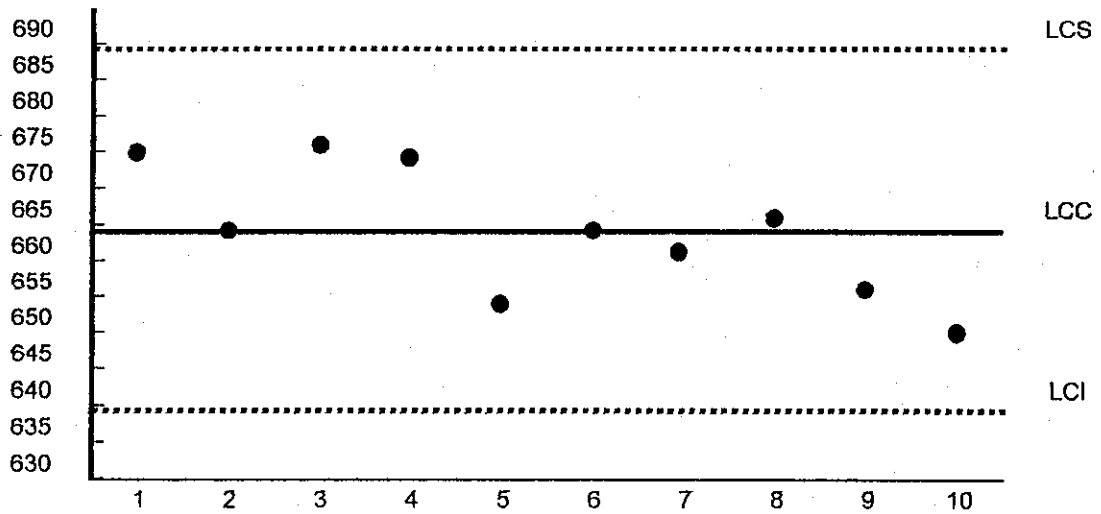
Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
\bar{X}	674	664	676	674	654	664	662	666	656	648
R	40	50	50	30	50	40	50	40	60	20

$\bar{\bar{X}}$	664
\bar{R}	43

5. Se calcularon los límites de control para el gráfico \bar{X} y se graficó:

Gráfico \bar{X}

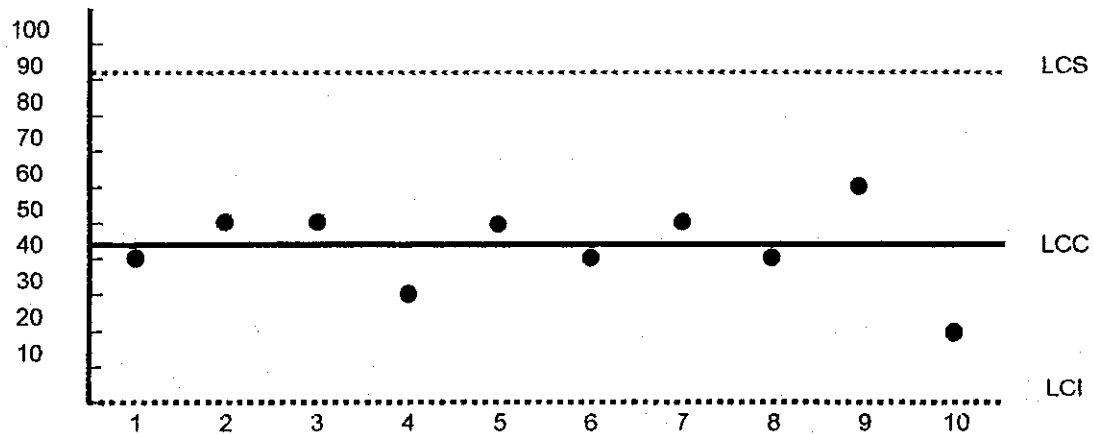
LCC	=	\bar{X}	=	664
LCS	=	$\bar{X} + A_2\bar{R}$	=	688.61
LCI	=	$\bar{X} - A_2\bar{R}$	=	638.99



6. Se calcularon los límites de control para el gráfico R y se graficó:

Gráfico R

LCC	=	\bar{R}	=	43
LCS	=	$D_4\bar{R}$	=	90.902
LCI	=	$D_3\bar{R}$	=	0



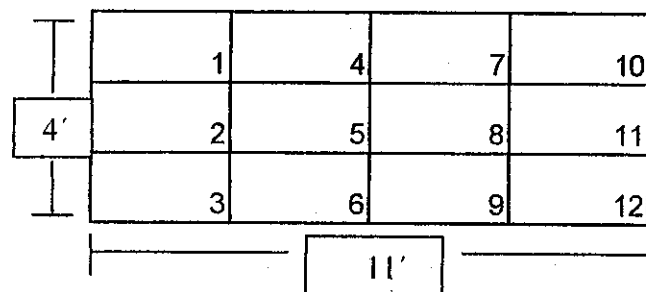
7. Interpretación de gráficas: se debe recordar que los límites de control para una gráfica de promedios representan tres desviaciones estándar de los promedios muestrales (no de los valores individuales). Como los límites de especificación casi siempre se aplican a valores individuales, los límites de control no se pueden comparar con los límites de especificación porque los promedios varían menos que las medidas individuales que los forman. Por lo tanto, los límites de especificación no deben colocarse en una gráfica de control para promedios. Los promedios muestrales, más que los valores individuales, se grafican porque los promedios son más sensibles que los valores individuales para detectar cambios en el proceso.

En este caso, específicamente, como todos los puntos caen dentro de los límites de control, se concluye que el proceso no tiene causas atribuibles de variación.

Gracias al análisis realizado anteriormente se confirmó que los tableros de partículas de madera cumplen con el requisito de diseño en cuanto a densidad se refiere, pero hay que recordar que el problema era al seccionar los tableros en partes más pequeñas. Aquí solamente se comprobó que todo el tablero cuenta con la densidad de diseño, específica, pero, ahora se verificará cualquier tipo de variación dentro del mismo, para ello se dividirá el tablero en doce partes, realizando un control estadístico para cada una de ellas y concluir si en efecto el problema existe o no.

El seccionamiento en los tableros de partículas de madera de 4' X 11' se llevará a cabo de la siguiente manera:

Figura 13. Seccionamiento en los tableros de partículas de madera para pruebas

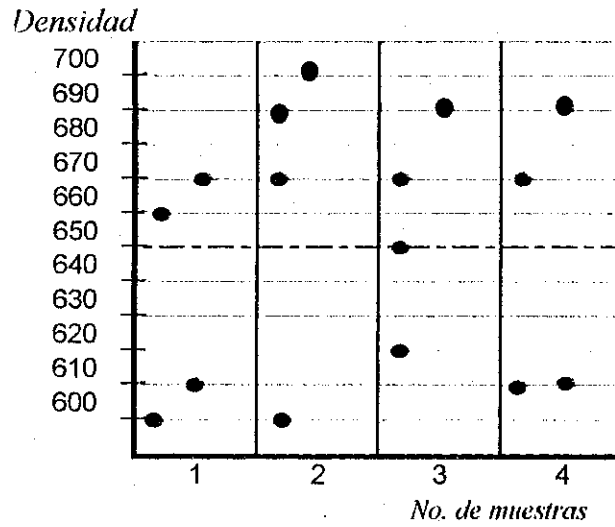


2.3.1.2. Pruebas de densidad hechas a las doce secciones del tablero de partículas de madera

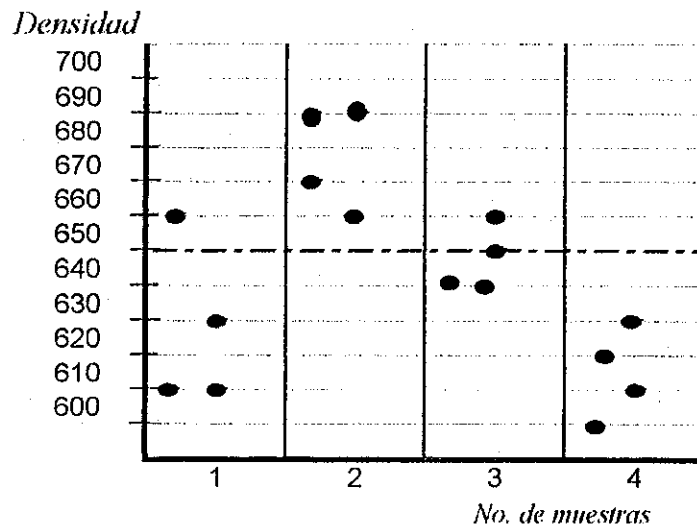
1. Se seleccionaron dieciséis medidas (cuatro muestras de cuatro cada una), para cada sección del tablero, ocho fueron escogidas de tableros aglomerados ya fabricados y, las otras ocho, de lotes que se produjeron. Esto con la finalidad de comprobar si la densidad en los tableros es uniforme a lo largo y ancho, de no ser así se tratará de verificar si la falta de uniformidad es en una misma sección o varía, indiscriminadamente.

Nuevamente se utilizan los gráficos de control para cada una de las secciones escogidas.

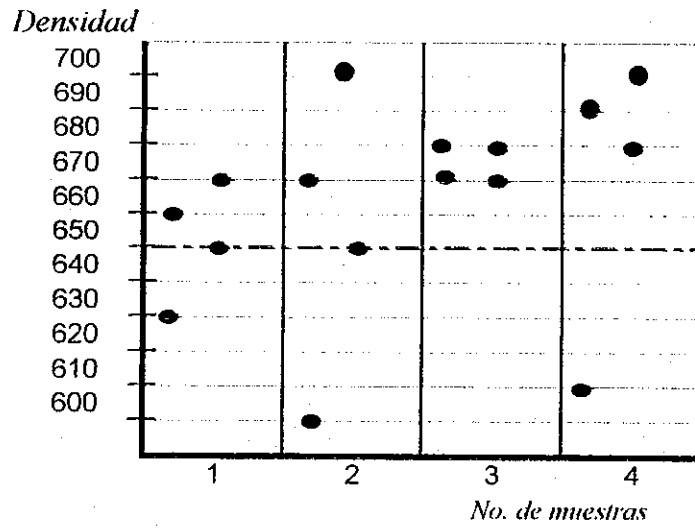
Sección 1



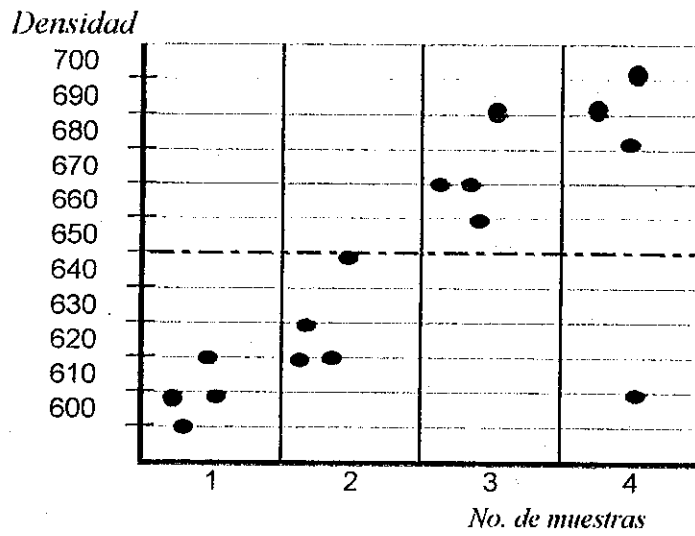
Sección 2



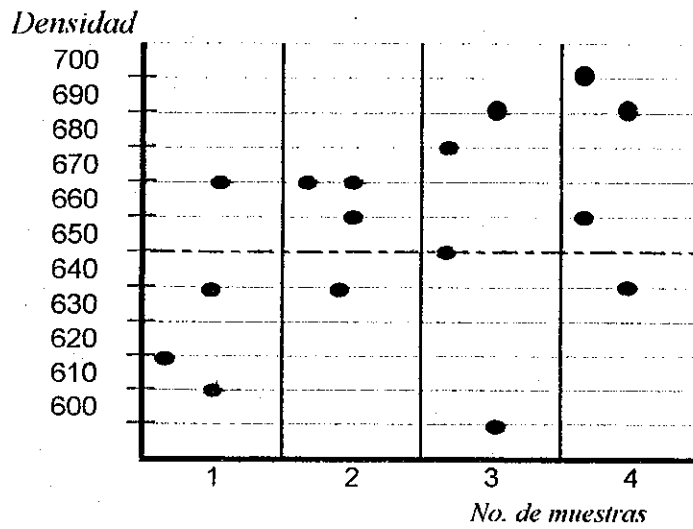
Sección 3



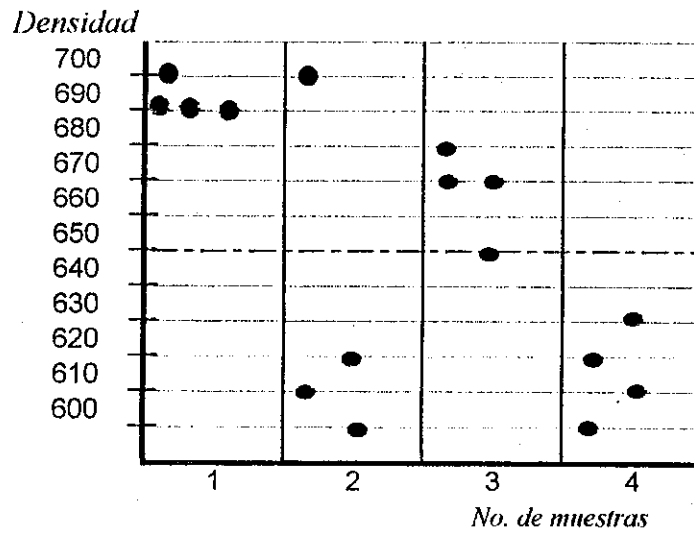
Sección 4



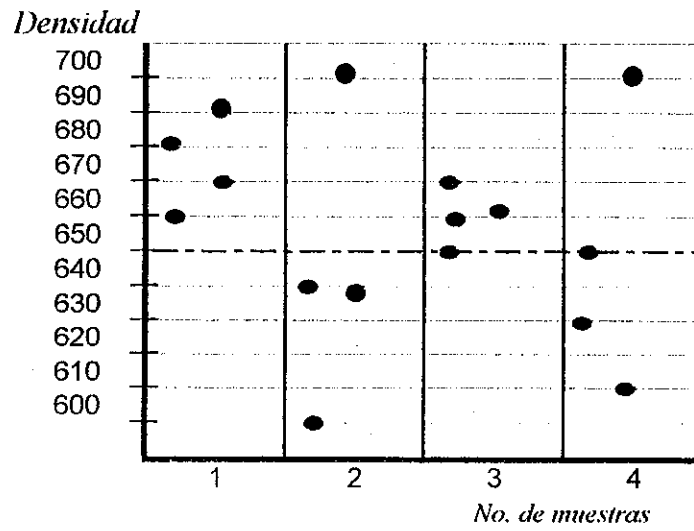
Sección 5



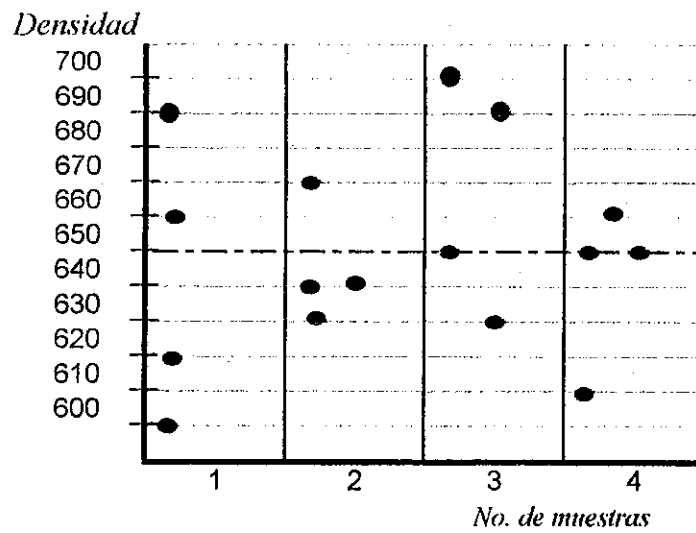
Sección 6



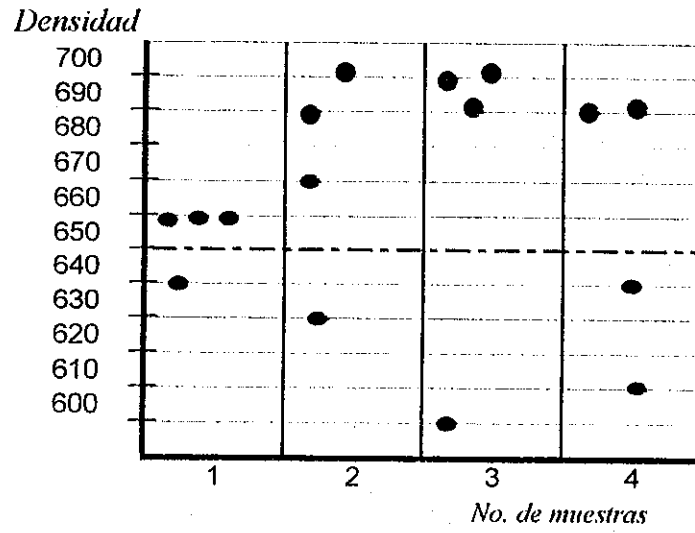
Sección 7



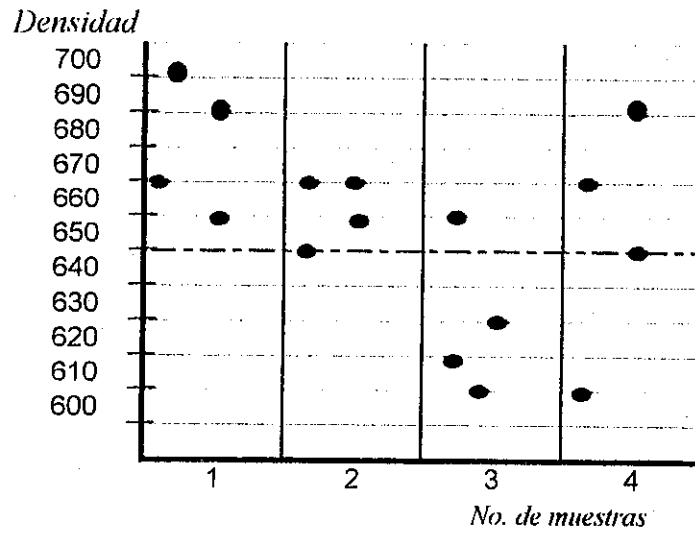
Sección 8



Sección 9



Sección 10



2. Se procedió a establecer, a partir de los gráficos anteriores, los promedios y los rangos muestrales.

Sección 1					Sección 2				
Muestra	1	2	3	4	Muestra	1	2	3	4
X	635	665	657.5	645	X	650	655	687.5	615
R	70	100	70	80	R	90	90	30	30

\bar{X}	650.625
\bar{R}	80

\bar{X}	651.875
\bar{R}	60

Sección 3					Sección 4				
Muestra	1	2	3	4	Muestra	1	2	3	4
X	652.5	655	675	670	X	612.5	682.5	672.5	640
R	40	100	10	90	R	70	30	90	50

\bar{X}	663.125
\bar{R}	60

\bar{X}	651.875
\bar{R}	60

Sección 5					Sección 6				
Muestra	1	2	3	4	Muestra	1	2	3	4
X	635	660	655	672.5	X	662.5	662.5	652.5	650
R	60	30	90	60	R	40	50	40	100

\bar{X}	655.625
\bar{R}	60

\bar{X}	656.875
\bar{R}	57.5

Sección 7					Sección 8				
Muestra	1	2	3	4	Muestra	1	2	3	4
X	675	645	660	647.5	X	642.5	645	667.5	642.5
R	30	100	20	90	R	90	40	70	50

\bar{X}	656.875
\bar{R}	60

\bar{X}	649.375
\bar{R}	62.5

<i>Sección 9</i>					<i>Sección 10</i>				
<i>Muestra</i>	1	2	3	4	<i>Muestra</i>	1	2	3	4
<i>X</i>	655	672.5	672.5	660	<i>X</i>	680	662.5	630	655
<i>R</i>	20	70	80	80	<i>R</i>	40	20	50	80

\bar{X}	665
\bar{R}	62.5

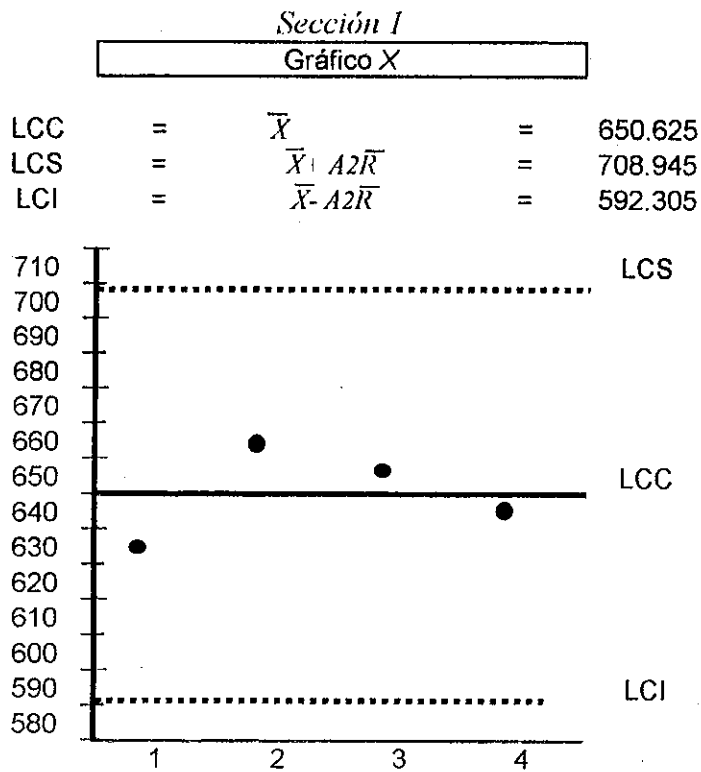
\bar{X}	656.875
\bar{R}	47.5

<i>Sección 11</i>					<i>Sección 12</i>				
<i>Muestra</i>	1	2	3	4	<i>Muestra</i>	1	2	3	4
<i>X</i>	672.5	652.5	662.5	640	<i>X</i>	652.5	650	670	635
<i>R</i>	50	30	90	90	<i>R</i>	80	80	40	80

\bar{X}	656.875
\bar{R}	65

\bar{X}	651.875
\bar{R}	70

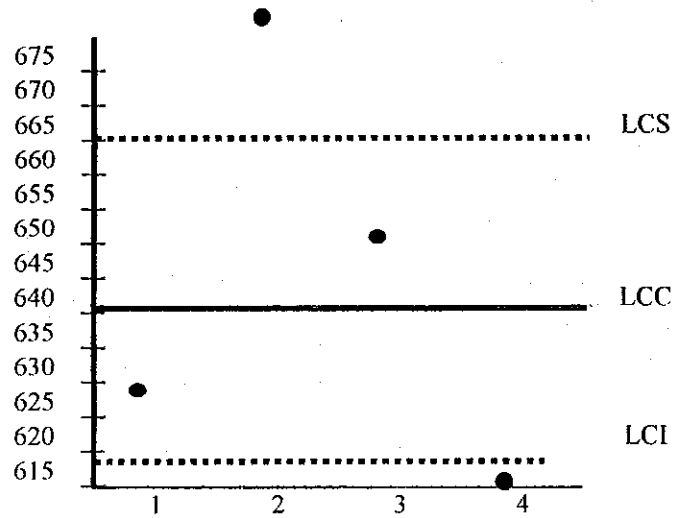
3. Se calcularon los límites de control para los gráficos *X* y se graficó:



Sección 2

Gráfico X

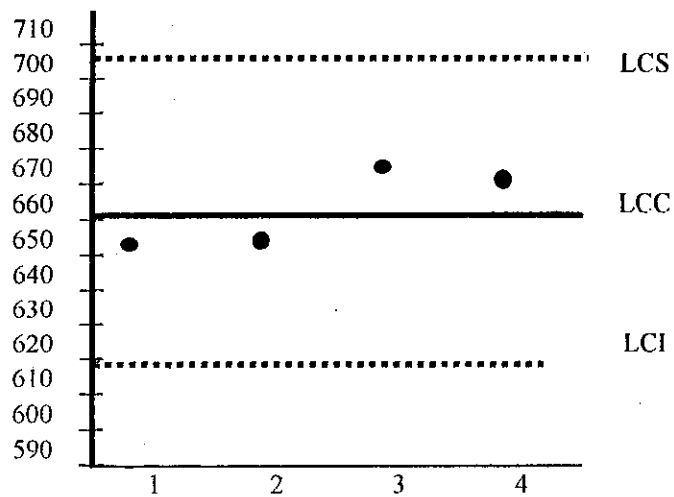
LCC	=	\bar{X}	=	641.88
LCS	=	$\bar{X} + A2\bar{R}$	=	665.57
LCI	=	$\bar{X} - A2\bar{R}$	=	618.18



Sección 3

Gráfico X

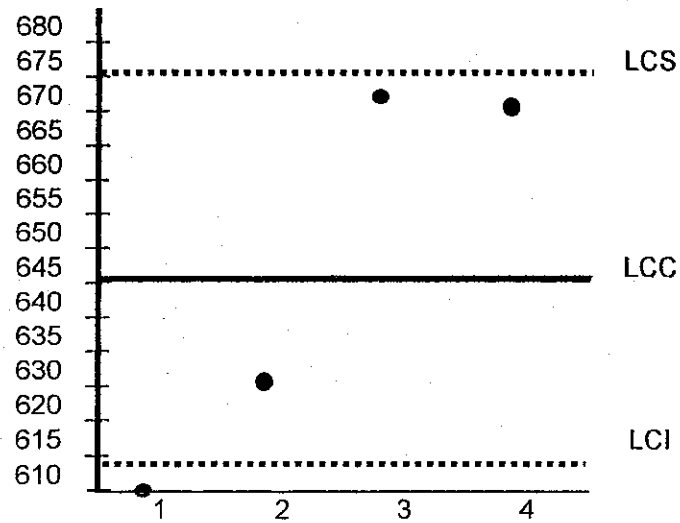
LCC	=	\bar{X}	=	663.13
LCS	=	$\bar{X} + A2\bar{R}$	=	706.87
LCI	=	$\bar{X} - A2\bar{R}$	=	619.39



Sección 4

Gráfico X

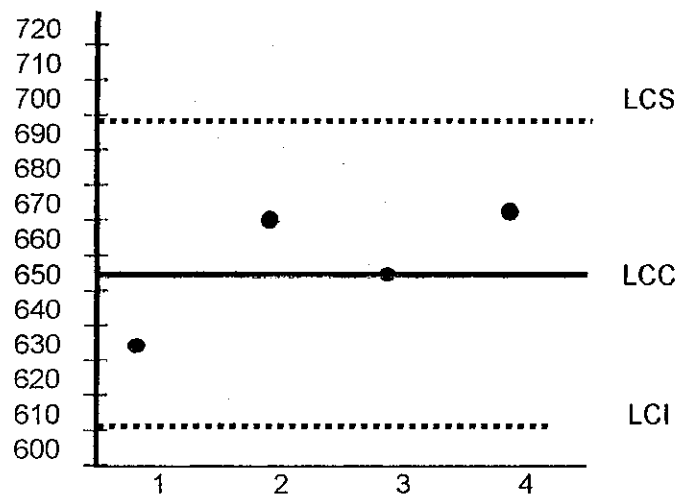
LCC	=	\bar{X}	=	645.63
LCS	=	$\bar{X} + A2\bar{R}$	=	676.61
LCI	=	$\bar{X} - A2\bar{R}$	=	614.64



Sección 5

Gráfico X

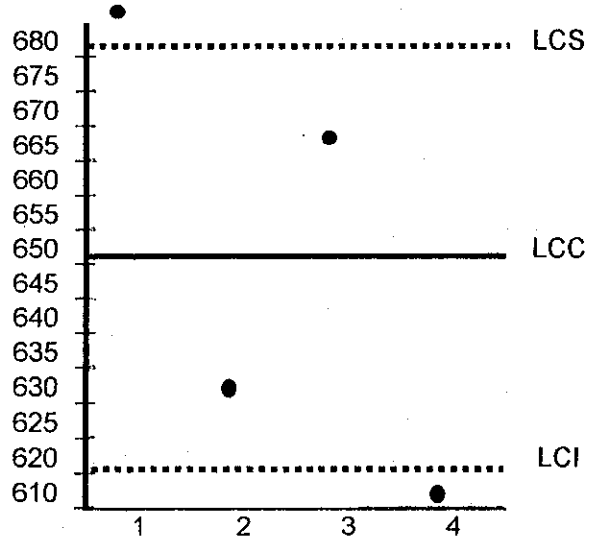
LCC	=	\bar{X}	=	655.63
LCS	=	$\bar{X} + A2\bar{R}$	=	699.37
LCI	=	$\bar{X} - A2\bar{R}$	=	611.89



Sección 6

Gráfico X

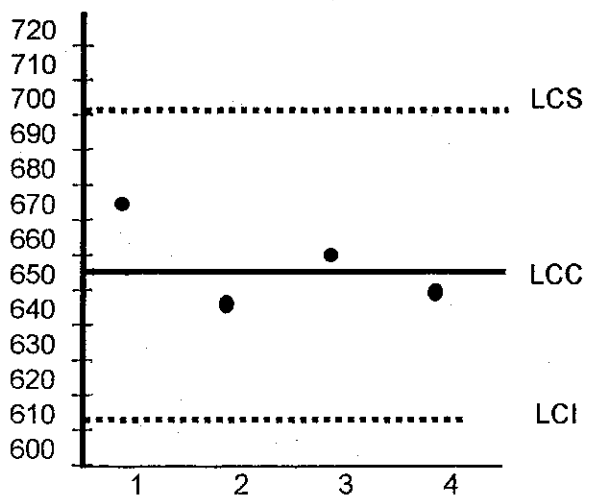
LCC	=	\bar{X}	=	651.88
LCS	=	$\bar{X} + A_2\bar{R}$	=	682.86
LCI	=	$\bar{X} - A_2\bar{R}$	=	620.89



Sección 7

Gráfico X

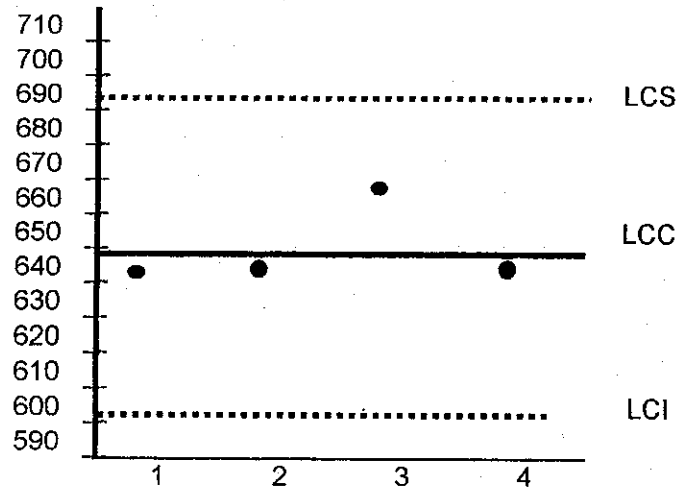
LCC	=	\bar{X}	=	656.88
LCS	=	$\bar{X} + A_2\bar{R}$	=	700.62
LCI	=	$\bar{X} - A_2\bar{R}$	=	613.14



Sección 8

Gráfico X

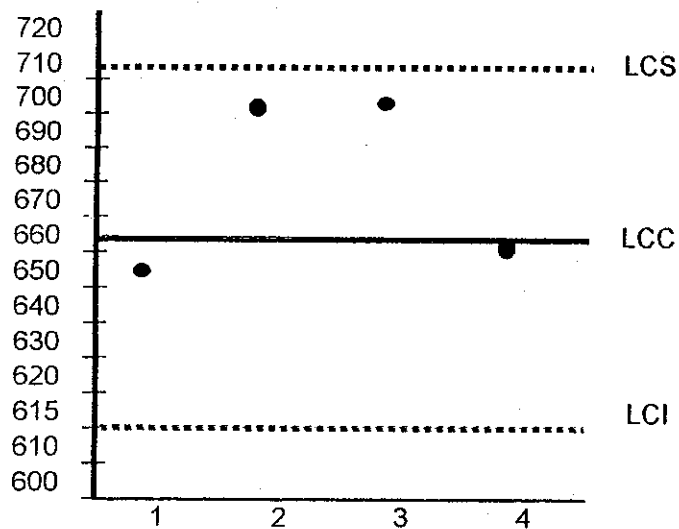
LCC	=	\bar{X}	=	649.38
LCS	=	$\bar{X} + A2\bar{R}$	=	694.94
LCI	=	$\bar{X} - A2\bar{R}$	=	603.81



Sección 9

Gráfico X

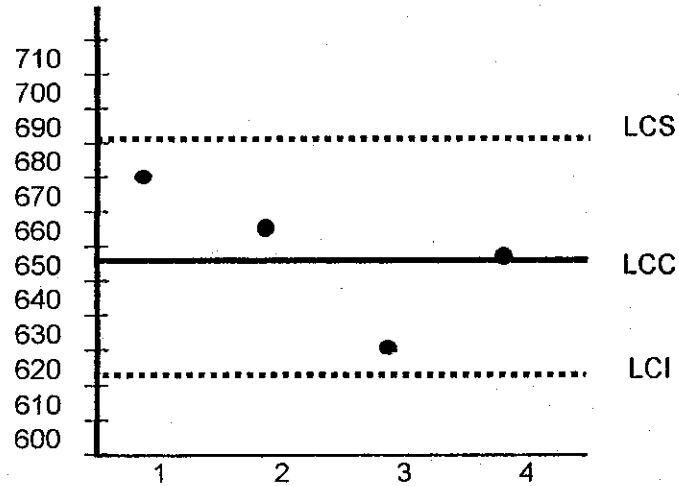
LCC	=	\bar{X}	=	665.00
LCS	=	$\bar{X} + A2\bar{R}$	=	714.21
LCI	=	$\bar{X} - A2\bar{R}$	=	615.79



Sección 10

Gráfico X

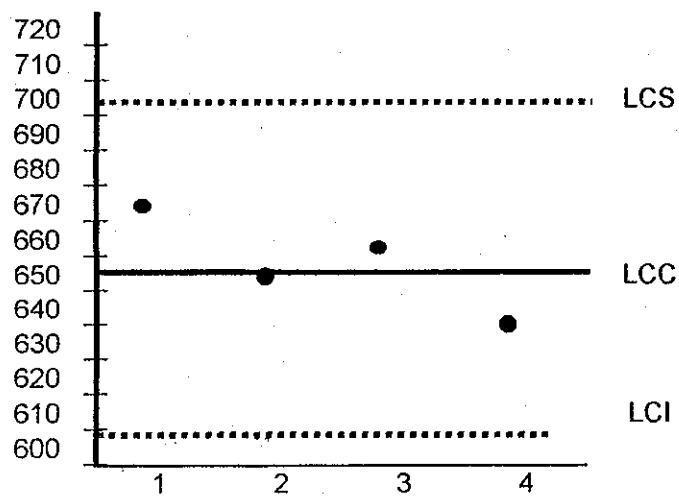
LCC	=	\bar{X}	=	656.88
LCS	=	$\bar{X} + A2\bar{R}$	=	691.50
LCI	=	$\bar{X} - A2\bar{R}$	=	622.25



Sección 11

Gráfico X

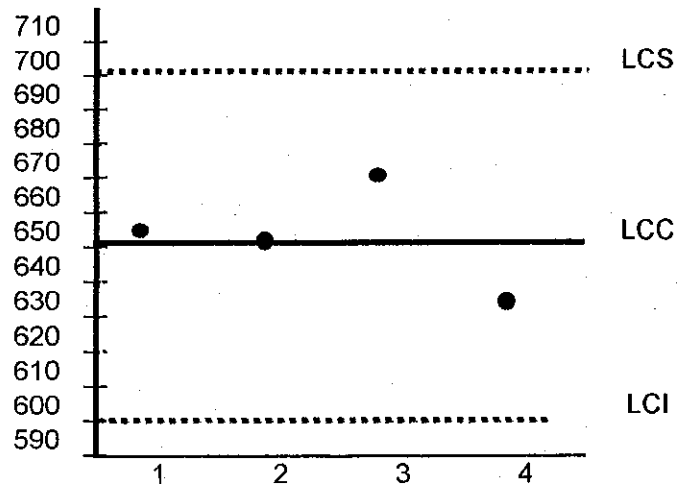
LCC	=	\bar{X}	=	656.88
LCS	=	$\bar{X} + A2\bar{R}$	=	704.26
LCI	=	$\bar{X} - A2\bar{R}$	=	609.49



Sección 12

Gráfico X

LCC	=	\bar{X}	=	651.88
LCS	=	$\bar{X} + A2\bar{R}$	=	702.91
LCI	=	$\bar{X} - A2\bar{R}$	=	600.85

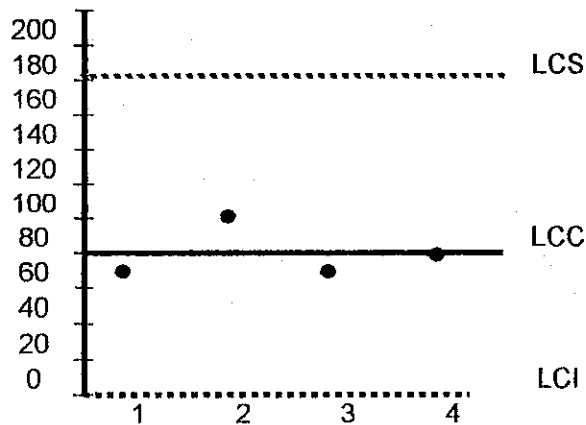


4. Se calcularon los límites de control para el gráfico R y se graficó:

Sección 1

Gráfico R

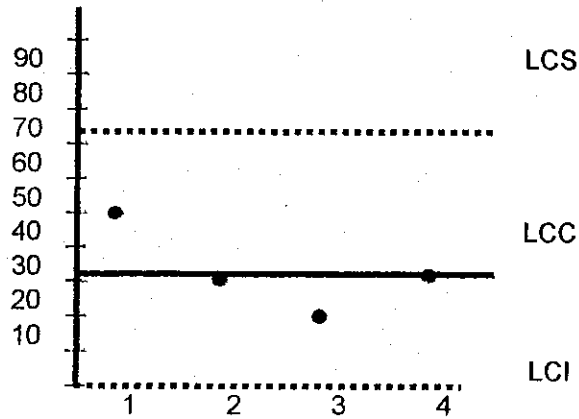
LCC	=	\bar{R}	=	80
LCS	=	$D4\bar{R}$	=	182.56
LCI	=	$D3\bar{R}$	=	0



Sección 2

Gráfico R

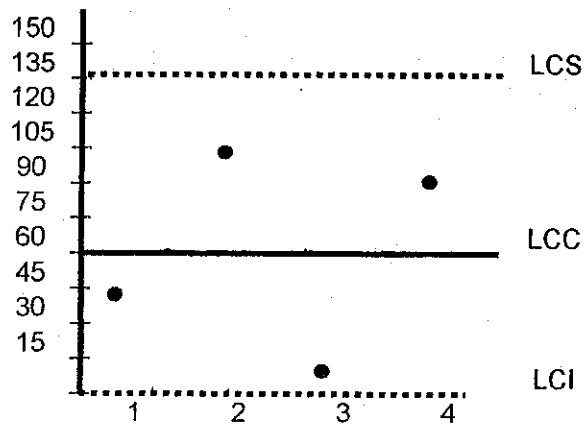
LCC	=	\bar{R}	=	32.5
LCS	=	$D4\bar{R}$	=	74.17
LCI	=	$D3\bar{R}$	=	0



Sección 3

Gráfico R

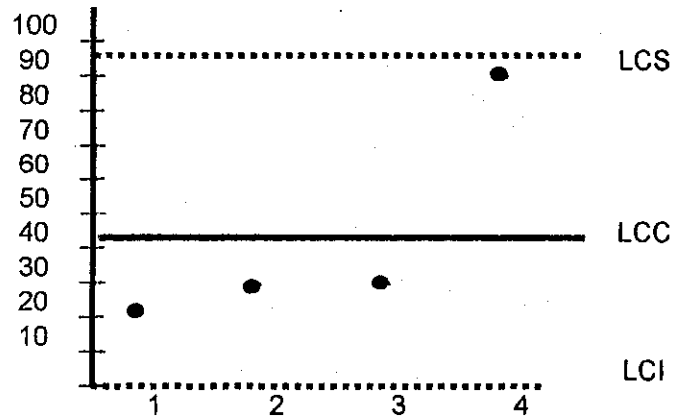
LCC	=	\bar{R}	=	60
LCS	=	$D4\bar{R}$	=	136.92
LCI	=	$D3\bar{R}$	=	0



Sección 4

Gráfico R

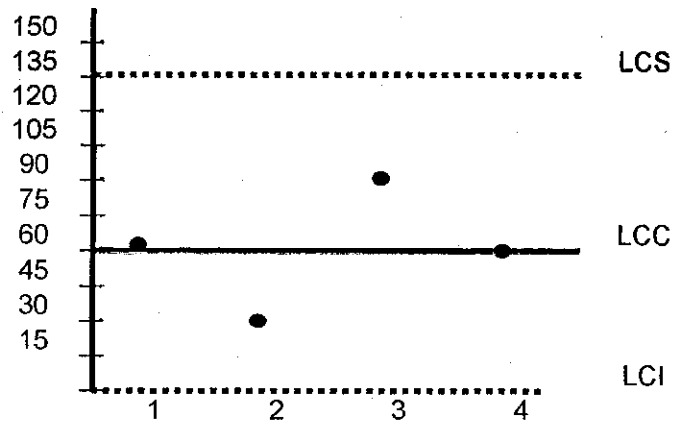
LCC	=	\bar{R}	=	42.5
LCS	=	$D4\bar{R}$	=	96.99
LCI	=	$D3\bar{R}$	=	0



Sección 5

Gráfico R

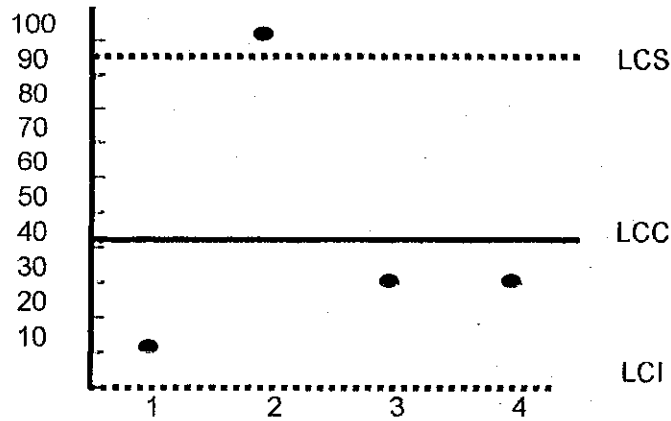
LCC	=	\bar{R}	=	60
LCS	=	$D4\bar{R}$	=	136.92
LCI	=	$D3\bar{R}$	=	0



Sección 6

Gráfico R

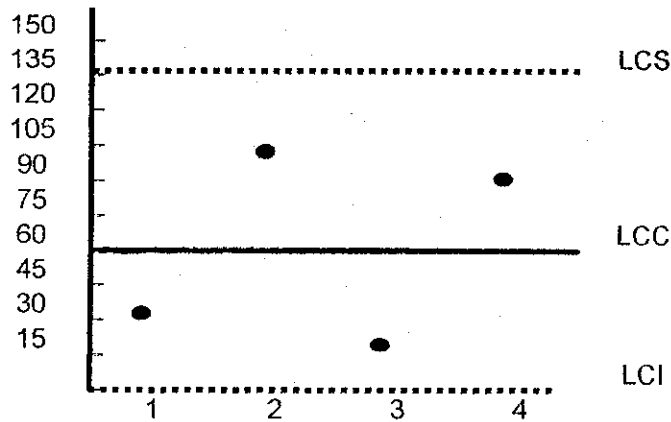
LCC	=	\bar{R}	=	42.5
LCS	=	$D_4\bar{R}$	=	96.99
LCI	=	$D_3\bar{R}$	=	0



Sección 7

Gráfico R

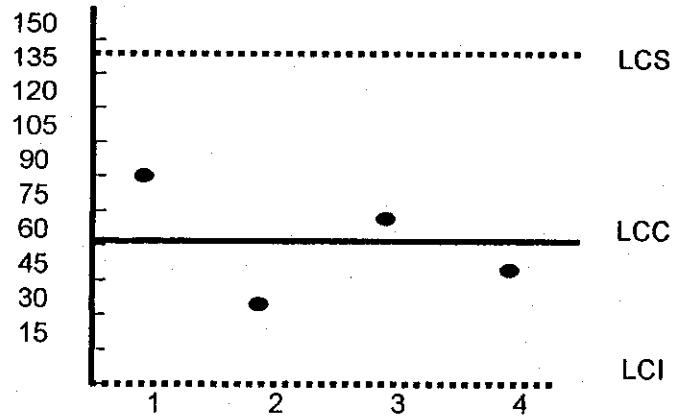
LCC	=	\bar{R}	=	60
LCS	=	$D_4\bar{R}$	=	136.92
LCI	=	$D_3\bar{R}$	=	0



Sección 8

Gráfico R

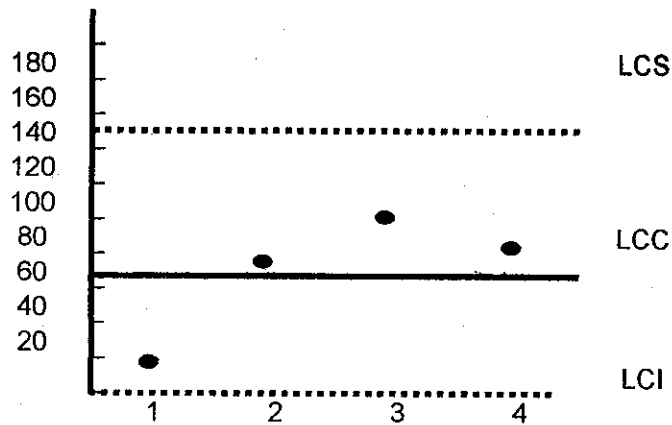
LCC	=	\bar{R}	=	62.5
LCS	=	$D4\bar{R}$	=	142.63
LCI	=	$D3\bar{R}$	=	0



Sección 9

Gráfico R

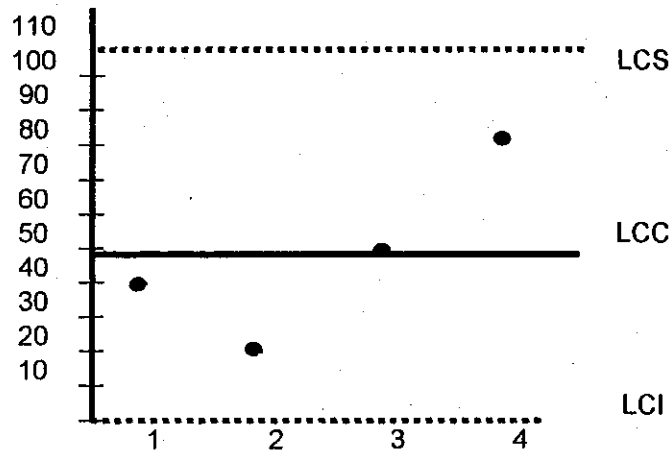
LCC	=	\bar{R}	=	67.5
LCS	=	$D4\bar{R}$	=	154.04
LCI	=	$D3\bar{R}$	=	0



Sección 10

Gráfico R

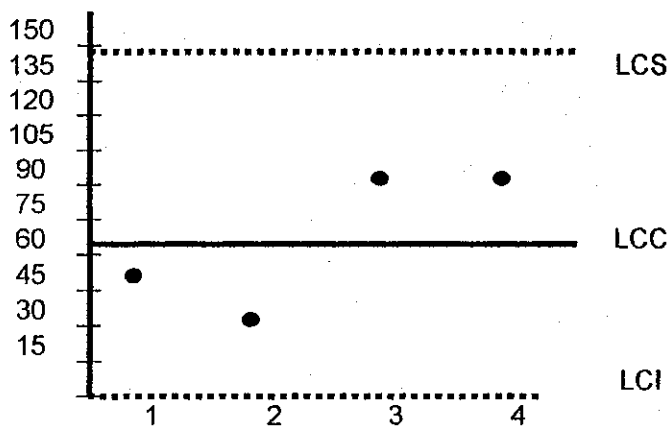
LCC	=	\bar{R}	=	47.5
LCS	=	$D4\bar{R}$	=	108.40
LCI	=	$D3\bar{R}$	=	0

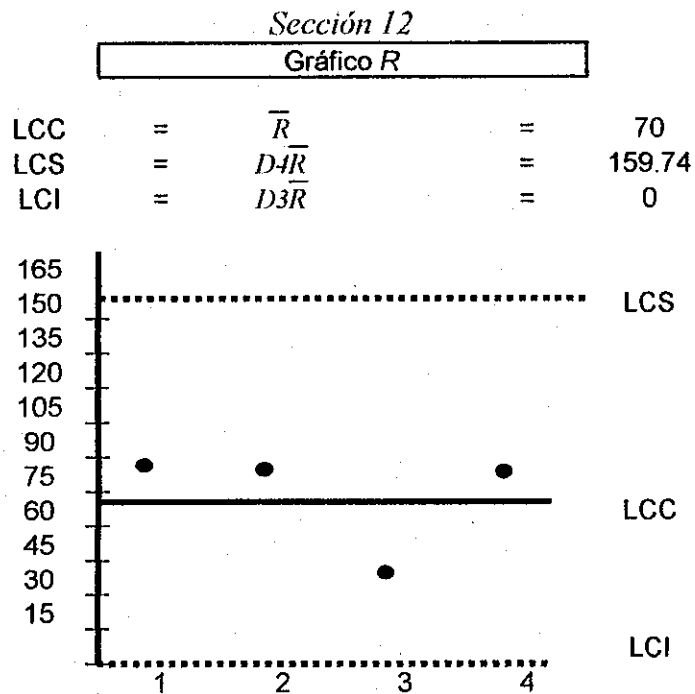


Sección 11

Gráfico R

LCC	=	\bar{R}	=	65
LCS	=	$D4\bar{R}$	=	148.33
LCI	=	$D3\bar{R}$	=	0





5. Interpretación de los gráficos: se observó que a pesar de que todo el tablero como unidad sí cumplía con las especificaciones de diseño, al seccionarlo no todas las partes divididas cumplían con dichas especificaciones, existen variaciones muy marcadas a lo largo de él y sin relación alguna, en los gráficos *X* se observaron ciertos problemas en las secciones dos, cuatro, seis, nueve y diez:






Figura 14. Secciones del tablero con problemas de densidad según gráficos *X*

1	4	7	10
2	5	8	11
3	6	9	12

Las secciones que presentaban irregularidades (marcadas en el esquema anterior) presentaban puntos afuera de los límites de control, tanto superior como inferior, además de encontrarse unos demasiado dispersos de la línea de control central. Estas desviaciones representan un cambio general que afecta todas las piezas.

En los gráficos *R* se observó irregularidades en las secciones tres, cuatro, seis, siete y nueve:

Figura 15. Secciones del tablero con problemas de densidad según gráficos *R*

1		4		7	10
2		5		8	11
	3		6		9

Las irregularidades son representadas como puntos fuera de los límites de control y otros dispersos de la línea de control central, hay que recordar que las *R* fuera de los límites de control indican que la uniformidad del proceso ha cambiado.

Después de analizar detalladamente los gráficos en general, se puede concluir que, efectivamente, existe un problema dentro de la producción de tableros de partículas de madera ya que al medir la densidad a todo el tablero como unidad ella, permanece dentro del rango de especificación de diseño y normas, pero, al dividirlo en secciones, se observó que dicha densidad no es uniforme en todo el tablero y que algunas secciones sin relación alguna entre ellas, según la posición en la que se les analizó, presentan problemas de variación de densidad, por lo que es válido el estudio que el departamento de ventas realizó. Aquí se demostró que las quejas hechas por los clientes llevaron a

descubrir un problema que afecta directamente el proceso de manufactura y la venta misma.

2.4. Descripción del problema

Después de analizar los resultados arrojados por los diferentes gráficos de control realizados, se concluyó que, en efecto, existía un problema en el área de formación, lo cual llevaba, exclusivamente, a la máquina formadora, se revisó el funcionamiento en general de la misma y se observó que una sección de ella no funcionaba óptimamente. Los rodillos de lanzamiento del material crudo, son los que esparcen el material y forman las tres capas de las cuales consta el tablero de partículas de madera, dichos rodillos son de diámetro pequeño con relación a la cantidad de material que deben esparcir, por lo que su velocidad tangencial no es lo suficientemente elevada para efectuar esta operación de manera uniforme. El movimiento de los rodillos es transmitido por unos variadores de velocidad y, aunque ellos estén en su rango máximo de operación la velocidad tangencial obtenida, no permite esa óptima dispersión, depositando una mayor cantidad de material en ciertas áreas, dejando solamente un remanente del mismo en el resto del tablero. La máquina formadora es la que proporciona los niveles de calidad deseados al producto y este problema no permite cumplir con las especificaciones de diseño ni con las expectativas del cliente. Debido a esto, existe la inminente necesidad de modificar esta sección.

3. *REDISEÑO Y MODIFICACIONES*

Como se describió en el capítulo dos, el problema de calidad existente en la producción de tableros de partículas de madera que no permite cumplir con las especificaciones de diseño y con los requisitos del cliente, se encuentra localizado en los rodillos de lanzamiento de material crudo situados en la sección inferior de la máquina formadora, dichos rodillos tienen un diámetro pequeño y, por lo tanto, no adecuado para su función de esparcimiento de las partículas. La rotación de los rodillos es efectuada por motores trifásicos que cuentan con una caja de engranajes reductora de velocidad y, además, con variadores de velocidad independientes para cada uno de los cuatro rodillos, dichos variadores, a pesar de trabajar en su rango máximo de operación, no logran que los rodillos distribuyan el material, uniformemente, a lo largo de los tableros de partículas de madera que se encuentran en formación, esto, debido al pequeño diámetro con que cuentan.

El rediseño y las modificaciones que se deben realizar, están basados en una solución sencilla dado el problema de los diámetros, el cambio está fundamentado en una básica ecuación física, la cual explica lo fundamental de la distancia de una partícula en un cuerpo rígido que rota sobre un eje de rotación. Se descubrió que la solución era analizar y aplicar esta simple ecuación incrementando los diámetros de los rodillos de lanzamiento para que así la velocidad tangencial en ellos, aumentará significativamente sin necesidad de esforzar a los variadores de velocidad, manteniéndolos en un rango de operación óptimo y logrando así una mejor dispersión del material crudo. El cálculo que permitirá llegar a una solución será fundamentado a continuación.

3.1. Cálculos

3.1.1. Movimiento rotacional alrededor de un eje

La prioridad es, definitivamente, los cuerpos rígidos; por cuerpo rígido se debe entender un cuerpo que tiene forma definida, que no cambia, de modo que las partículas que lo forman se encuentran en posiciones fijas en relación con las demás. Por supuesto, cualquier cuerpo real es capaz de vibrar o deformarse cuando se ejerce una fuerza sobre él; estos efectos, con frecuencia, son muy pequeños, de modo que el concepto de cuerpo rígido ideal es muy útil como buena aproximación en la mayoría de los casos.

El movimiento de un cuerpo rígido se puede analizar como el movimiento traslacional y rotacional alrededor de su centro de masa. Por movimiento rotacional se refiere a que todos los puntos del cuerpo se mueven en círculos ya que los centros de dichos círculos están todos sobre una línea llamada el eje de rotación.

Puesto que se consideran cuerpos rígidos tridimensionales en rotación alrededor de un eje fijo, se encuentra que es de gran utilidad considerar la distancia perpendicular de un punto o partícula al eje de rotación a la cual se le denotará como r . Cada partícula de un cuerpo que rota alrededor de un eje fijo se mueve en un círculo cuyo centro está sobre el eje y, el radio de ese círculo es r . Una línea perpendicular dibujada desde el eje a cualquier partícula barre el mismo ángulo θ en el mismo tiempo. Para indicar la posición del cuerpo o la cantidad que éste ha rotado, se especifica el ángulo θ de una línea particular del cuerpo respecto de alguna línea de referencia. Una partícula del cuerpo mueve un ángulo θ cuando recorre la distancia ℓ medida a lo largo de la circunferencia de su trayectoria circular. Los ángulos se miden, por lo regular, en grados, pero los cálculos matemáticos del movimiento circular se simplifican si se usan

radianes para medir los ángulos. Un radián (rad.) se define como el ángulo que subtiende un arco cuya longitud es igual al radio. En general, cualquier ángulo θ está dado por:

$$\theta = \ell/r$$

donde r es el radio del círculo y ℓ la longitud del arco que subtiende el ángulo θ ; θ mismo estará entonces en radianes. Los radianes pueden convertirse a grados de la siguiente manera: en un círculo hay 360° y esto por supuesto debe corresponder a una longitud de arco igual a la circunferencia del círculo, $\ell = 2\pi r$; de este modo, $\theta = \ell/r = 2\pi r/r = 2\pi$ rad. en un círculo, por lo que:

$$360^\circ = 2\pi \text{ rad.}$$

Un radián es, entonces, $360^\circ/2\pi = 360^\circ/6.28 = 57.3^\circ$

La velocidad angular se define de manera análoga a la de la velocidad lineal ordinaria. En lugar de desplazamiento lineal se usa el desplazamiento angular. Sean θ_1 y θ_2 las posiciones angulares del cuerpo en los tiempos t_1 y t_2 , respectivamente. Entonces, se define la magnitud de la velocidad angular promedio (denominada por ω , la letra griega minúscula omega) como:

$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

donde $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$, es el desplazamiento angular del cuerpo durante el intervalo de tiempo $\Delta t = t_2 - t_1$. Se define la magnitud de la velocidad angular instantánea como el límite de este radio cuando Δt tiende a cero:

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$$

La velocidad angular se especifica, en general, en radianes por segundo (rad./seg.). Nótese que todos los puntos del cuerpo rotan con la misma velocidad angular. Esto se debe a que toda posición del cuerpo recorre el mismo ángulo en el mismo intervalo de tiempo.

Cada partícula o punto de un cuerpo rígido en rotación tiene, en cualquier momento, una velocidad lineal v y una aceleración a . Se puede relacionar estas cantidades lineales v y a de cada partícula con las cantidades angulares, ω y α (velocidad angular y letra griega minúscula alfa respectivamente) del cuerpo en rotación como un todo. Considérese una partícula localizada a una distancia r del eje de rotación. Si el cuerpo rota con una velocidad angular ω , cualquier partícula tendrá una velocidad lineal cuya dirección es tangente a su trayectoria circular; la magnitud de esta velocidad lineal, v , se encuentra escribiendo la ecuación como: $\ell = r \theta$ y diferenciándola, aprovechando el hecho de que la velocidad lineal es $v = dl/dt$; así:

$$v = \frac{dl}{dt} = r \frac{d\theta}{dt}$$

$$v = r \omega$$

donde se ha usado el hecho de que $r = \text{constante}$ para una partícula dada, ya que cada partícula rota en un círculo de radio constante. Así, aunque ω es la misma para cada punto en el cuerpo en rotación en un instante dado, la velocidad v es mayor para puntos más lejanos del eje.

A partir de la ecuación anterior y después de recalcar la funcionalidad de la misma, procede el cálculo de las actuales velocidades tangenciales y el incremento proporcional de las mismas a través del aumento de las medidas de los radios en los rodillos de lanzamiento.

3.1.1.1. Velocidades actuales

Rodillo de perlonés

$$\begin{aligned}\omega_1 &= 195 \text{ r.p.m.} \\ d_1 &= 160 \text{ mm} = 0.16 \text{ m.} \\ r_1 &= 0.16/2 = 0.08 \text{ m.}\end{aligned}$$

entonces,

$$\begin{aligned}v_1 &= \omega_1 \times r_1 \\ v_1 &= (195) \times (0.08) \\ v_1 &= 15.6 \text{ m/min.}\end{aligned}$$

Rodillo de cerdas

$$\begin{aligned}\omega_2 &= 215 \text{ r.p.m.} \\ d_2 &= 185 \text{ mm} = 0.185 \text{ m.} \\ r_2 &= 0.185/2 = 0.0925 \text{ m.}\end{aligned}$$

entonces,

$$v_2 = \omega_2 \times r_2$$

$$v_2 = (215) \times (0.0925)$$

$$v_2 = 19.89 \text{ m/min.}$$

Las velocidades máximas de funcionamiento de los motores de velocidad variable son con las que están hechos los cálculos anteriores, ahora, se verifica el cambio de la velocidad tangencial con lo que serían los nuevos radios utilizando el rango máximo y óptimo de operación de los motores.

3.1.1.2. Velocidades ajustadas

Rodillo de perlon con velocidad máxima de operación

$$\omega_1 = 195 \text{ r.p.m.}$$

$$d_1 = 345 \text{ mm} = 0.345 \text{ m.}$$

$$r_1 = 0.345/2 = 0.1725 \text{ m.}$$

entonces,

$$v_1 = \omega_1 \times r_1$$

$$v_1 = (195) \times (0.1725)$$

$$v_1 = 33.64 \text{ m/min.}$$

Rodillo de cerdas con velocidad máxima de operación

$$\omega_2 = 215 \text{ r.p.m.}$$

$$d_2 = 415 \text{ mm} = 0.415 \text{ m.}$$

$$r_2 = 0.415/2 = 0.2075 \text{ m.}$$

entonces,

$$\begin{aligned} v_2 &= \omega_2 \times r_2 \\ v_2 &= (215) \times (0.2075) \\ v_2 &= 44.61 \text{ m/min.} \end{aligned}$$

Rodillo de perlones con velocidad óptima de operación

$$\begin{aligned} \omega_1 &= 170 \text{ r.p.m.} \\ d_1 &= 345 \text{ mm} = 0.345 \text{ m.} \\ r_1 &= 0.345/2 = 0.1725 \text{ m.} \end{aligned}$$

entonces,

$$\begin{aligned} v_1 &= \omega_1 \times r_1 \\ v_1 &= (170) \times (0.1725) \\ v_1 &= 29.325 \text{ m/min.} \end{aligned}$$

Rodillo de cerdas con velocidad óptima de operación

$$\begin{aligned} \omega_2 &= 190 \text{ r.p.m.} \\ d_2 &= 415 \text{ mm} = 0.415 \text{ m.} \\ r_2 &= 0.415/2 = 0.2075 \text{ m.} \end{aligned}$$

entonces,

$$\begin{aligned} v_2 &= \omega_2 \times r_2 \\ v_2 &= (190) \times (0.2075) \\ v_2 &= 39.425 \text{ m/min.} \end{aligned}$$

El siguiente es el resumen de resultados.

Rodillo de perlones con diámetro original

$$v1 = 15.6 \text{ m/min.}$$

Rodillo de cerdas con diámetro original

$$v2 = 19.89 \text{ m/min.}$$

Rodillo de perlones con velocidad máxima de operación y diámetro nuevo

$$v1 = 33.64 \text{ m/min.}$$

Rodillo de cerdas con velocidad máxima de operación y diámetro nuevo

$$v2 = 44.61 \text{ m/min.}$$

Rodillo de perlones con velocidad óptima de operación y diámetro nuevo

$$v1 = 29.325 \text{ m/min.}$$

Rodillo de cerdas con velocidad óptima de operación y diámetro nuevo

$$v2 = 39.425 \text{ m/min.}$$

Como se puede observar, aún trabajando con velocidades óptimas de funcionamiento, el porcentaje del incremento de la velocidad tangencial fue el siguiente:

	% de incremento con diám. nuevo y velocidad de operación óptima.	% de incremento con diám. nuevo y velocidad de operación máxima.
Perlones	87.98	115.66
Cerdas	98.22	124.28

Tabla I. Porcentajes de incremento de velocidades tangenciales en los rodillos nuevos

Definitivamente, este porcentaje de incremento de la velocidad tangencial en ambos rodillos, trae dos convenientes características, la primera es que se logra una distribución uniforme del material crudo sobre la línea de formación, provocando una densidad final equitativa en el producto terminado, evitando, así, los problemas con que actualmente cuenta el proceso de manufactura y, la segunda, es el mantener los motores variadores de velocidad en sus rangos óptimos de operación evitando daños en los mismos y obteniendo bajo consumo de energía eléctrica.

El cálculo con los nuevos diámetros de los rodillos está hecho con base en las medidas del diseño actual de la máquina con la finalidad de evitar cambios drásticos en su estructura. El no mantener el porcentaje de incremento de manera proporcional en las velocidades tangenciales en ambos rodillos es con la finalidad de darle un incremento mayor a los rodillos de cerdas ya que éstos son los que forman las capas externas del tablero de partículas de madera y se desea que éstas sean lo más uniforme posible.

Los planos del rediseño, los cuales fueron elaborados por una empresa subcontratada con base en las necesidades planteadas en los cálculos anteriores se encuentran en los anexos. Se hace la salvedad de que no se obtuvo la autorización para publicar los cálculos realizados en el diseño de los planos, debido a que es una modificación patentada que no debe ser reproducida nuevamente, guardando, así, los derechos de autor. De cualquier manera, los planos están basados en su totalidad en los cálculos de velocidad tangencial los cuales fueron presentados en la primera parte de este capítulo.

4. CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO

4.1. Definición de control de calidad

Primero se debe definir, exactamente, lo que se entiende por “control” y no es más que el proceso que se emplea con el fin de cumplir con los estándares. Esto consiste en observar el desempeño real, compararlo con algún estándar y después tomar medidas si el desempeño observado difiere, significativamente, del estándar.

El proceso de control tiene la naturaleza de un ciclo de retroalimentación. El control incluye la siguiente secuencia de pasos:

1. seleccionar el sujeto de control (escoger lo que se quiere medir)
2. elegir una unidad de medida,
3. establecer una meta para el sujeto de control,
4. crear un sensor que pueda medir el sujeto de control en términos de la unidad de medida,
5. medir el desempeño real,
6. interpretar la diferencia entre el desempeño real y la meta,
7. tomar medidas (si es necesario) sobre la diferencia.

La secuencia anterior de pasos es universal, es decir, se aplica al control de costos, al control de inventario, al control de calidad, etc.

Deben hacerse notar los diferentes significados que se dan a la palabra “control” en el mundo. En muchos países europeos, con frecuencia, se utiliza control en el

sentido más restringido de inspección. Algunos autores japoneses se refieren al control de calidad en la línea y fuera de la línea. Estos términos se refieren, respectivamente, a las actividades realizadas durante y antes de la producción.

El control es un elemento de la trilogía de los procesos de calidad (según Jurán) está dirigido al cumplimiento de metas y a la prevención de cambios adversos, es decir, a mantener el "statu quo". Esto es contrario al "mejoramiento" que se centra en la creación del cambio o, sea, el cambiar el statu quo. El proceso de control se dedica a los problemas de calidad esporádicos; el proceso de mejoramiento estudia los problemas crónicos.

Esencial en el proceso de control de la calidad es el hecho de medir la calidad: "todo lo que se puede medir, se puede mejorar". La medición es básica para los tres procesos de calidad: para el control de la calidad, la medición proporciona retroalimentación y advertencias a tiempo sobre los problemas; para la planeación de la calidad, la medición cuantifica las necesidades del cliente y las capacidades del producto y de los procesos; para el mejoramiento de la calidad, la medición puede motivar a la gente, dar prioridad a las oportunidades de mejoramiento y ayudar en el diagnóstico de las causas.

Debido a la importancia que tienen los estándares dentro del control de calidad es necesario entonces definir cuáles de ellos son los que se deben tomar en cuenta para la producción de tableros de partículas de madera, por lo que se definirán a continuación.

4.2. Estándares

4.2.1. Características físico mecánicas

4.2.1.1. Resistencia a la flexión

Tipo de Tablero	Grosor (mm.)	Dirección	Lijado (Kgf/cm ²)	Sin lijar (Kgf/cm ²)
Tablero de prensado plano de una capa	13-25	Paralela	120	350
		perpendicular	120	90
Tablero de prensado plano de tres capas	6-13	Paralela	180	180
		Perpendicular	180	180

Tabla II. Resistencia a la Flexión de los tableros de partículas de madera

4.2.1.2. Resistencia a la tracción

Perpendicular a las caras

Tipo de Tablero	Grosor (mm.)	Resistencia a la tracción (Kgf/cm ²)
Tablero de prensado plano de una sola capa	5 a 13	4,0
	14 a 20	3,5
	21 a 25	3,0
	26 a 40	2,0
Tablero de prensado plano de tres capas o más	13 a 25	8

Tabla III. Resistencia a la tracción de los tableros de partículas de madera

4.2.1.3. Hinchamiento en grosor expresado

En % del grosor inicial

Tipo de tablero	Grosor (mm.)	Hinchamiento (%)
Tablero de prensado plano de una capa	5 a 40	6,0
Tablero de prensado plano de tres o más capas	13 a 25	10,0

Tabla IV. Porcentaje de hinchamiento por humedad con respecto al grosor inicial

4.2.2. Características térmicas y acústicas

Tipo de tablero	Conductibilidad calorífica en Kcal/máximo	Amortiguamiento sonoro en decibeles (db) por 30 mm.
Tableros ligeros de prensado plano aislantes térmicos	0,06	28 db en 30 mm.
Tableros de extrusión macizos aislantes térmicos	0,12	28 db en 30 mm.

Tabla V. Características térmicas y acústicas de los tableros de partículas de madera

4.2.3. Características especiales

Valores exigibles para un tablero utilizable en muebles chapados, según el Centro técnico de la madera de París

CARACTERÍSTICAS SEGÚN GRUESOS		inferior a 13 mm	de 14 a 20 mm	superior a 20 mm
TOLERANCIAS EN GRUESOS		0,3	0,3	0,4
HUMEDAD EN FABRICA		7 a 12 %		
DENSIDAD	Valor medio	630 +/- 30 a 40		
	Dispersión	60 kg/m ³		
VARIACION DESPUÉS INMERSIÓN DE 24 HORAS	grueso	menos de 12 %		
	longitud	menos de 0,4 %		
RESISTENCIA MEDIA Kg/cm ²	Tracción perpendicular	4	4	3
	Flexión	200	175	150
RESISTENCIA MEDIA AL ARANQUE DEL TORNILLO 4X 25	en caras	Para tableros de grueso superior a 15 mm = 70		
	en cantos	Para tableros de grueso superior a 15 mm = 50		
APTITUD AL CHAPADO DIRECTO		Admisible		

Tabla VI. Valores exigibles para un tablero utilizable en muebles chapados, según el Centro técnico de la madera de París

Valores mínimos exigibles para un tablero resistente a la humedad, con arreglo a las normas del Centro Técnico de París

CARACTERÍSTICAS				VALORES							
GRUESO EN mm				menos 13	13 a 16	16 a 20	20 a 25	25 a 32	32 a 40	más 40	
TOLERANCIAS	en gruesos	Tableros lijados		0,4			0,5				
		Tableros en bruto		0,8			1,0				
	en longitud y ancho		5 mm								
	en cuadratura		2 mm en 1.000 m								
HUMEDAD EN FABRICA				7 a 13%							
HINCHAMIENTO %	después de 24 h.	media inf. o igual	8%			6%					
	después de V313		8%								
RESISTENCIA A LA ROTURA	Tracción perpend.	condiciones normales	media superior o igual	5				4			
		después de tres ciclos y ensayo de 2 h. en agua 100° C		1,5				1	0,7		
	Flexión	media	220	200	190	170	140				
	mínima	170	150	140	120	100					

Tabla VII. Valores mínimos exigibles para un tablero resistente a la humedad, con arreglo a las normas del Centro Técnico de París

4.3. *Ley nacional americana para tableros de partículas de madera*

Esta ley da a conocer requerimientos y métodos de pruebas para tolerancias dimensionales, propiedades físicas y mecánicas y emisiones de formaldehído. Son métodos específicos para identificar productos conforme los estándares. Incluye un glosario de términos comunmente usados en la industria del tablero de partículas y unidades métricas de conversión.

El primer consenso de reglas para tableros de partículas de madera fue desarrollado por el departamento de comercio estadounidense en 1,961. Este cubrió un tipo de tablero de partícula para aplicaciones interiores.

La regla o estándar Nacional Americana para cuadros formados de madera, tableros de partículas patrocinada por la Asociación Nacional de Tableros de Partículas, fue desarrollada en 1,979 y describió 14 clases de tableros diferentes, sub-dividida en 2 tipos basado en el tipo de sistema de unión con resina utilizada. Fue reafirmado en 1,986. Una clase adicional de baja densidad fue agregada a la ley, cuando fue revisada en 1,987. Hay 15 clases descritas de tableros de partículas en esta ley.

Los compradores individuales especifican el tablero de partículas con diferentes propiedades para sus necesidades particulares.

Propósito

El propósito de esta ley es establecer una norma de calidad para los tableros de partículas, reconocida a nivel mundial. Destinada a proveer de bases comunes para el conocimiento de la industria del tablero y especificar el uso de estos productos.

4.3.1. Generalidades

El tablero de partículas, incluido en esta ley, está hecho de astillas y fibras de madera unidas con resinas sintéticas u otro sistema de unión adecuado. Otros materiales pueden ser agregados durante la fabricación para aumentar ciertas propiedades. Esta ley incluye tolerancias dimensionales, físicas y propiedades mecánicas requeridas, además de emisiones máximas de formaldehído para diferentes clases de tablero de partículas. También son incluidas las prácticas de inspección y métodos de identificación.

Los valores apropiados en esta ley son valores mínimos o máximos para cada clase como el contexto lo requiera y como se determina por métodos de prueba específicos. Debe ser claramente reconocido, que los valores de fuerza no son valores diseñados por la ingeniería.

4.3.2. Requerimientos

4.3.2.1. General

Todos los tableros de partículas de cualquier tipo en esta ley encontrarán los requisitos específicos para su clase, cuando se les pone a prueba de acuerdo con las provisiones de esta sección. Todos los valores obtenidos de acuerdo con dicho procedimiento serán aproximados "a la unidad más cercana" que aparece en último lugar a la derecha de las cantidades usadas para expresar el valor límite, de acuerdo con el método ASTM E-29 "Práctica recomendada para indicar qué cifras deben ser consideradas significativas al especificar valores límites".

4.3.2.2. Materiales

4.3.2.2.1. Madera

El material de madera estará en forma de viruta, hojuelas o fibras, material que es obtenido de cortar, martillar o moler la madera.

4.3.2.2.2. Sistema de unión

Las partículas de madera serán unidas por uno de los siguientes sistemas:

tipo 1

Un sistema que usa urea-formaldehído, el cual permite al producto llenar todos los requisitos específicos aplicables de esta ley.

tipo 2

Un sistema de fenol-formaldehído el cual permite al producto llenar los requisitos específicos de esta ley.

4.3.2.2.3. Aditivos

Aditivos que realzan la estabilidad dimensional, resistencia al fuego, resistencia a insectos o fungicidas u otras propiedades deseadas pueden ser incorporados al tablero de partículas en el momento de fabricación, siempre y cuando el producto que contiene los aditivos, llenen los requisitos de esta ley.

4.3.2.3. Dimensiones requeridas o toleradas

4.3.2.3.1. Ancho y largo

El corte en ancho y largo de los paneles será conforme las dimensiones de tolerancias especificadas para cada clase en la tabla V, VI y VII. El largo y ancho se determinará de acuerdo con la sección 7 de la Sociedad Americana de Pruebas y materiales (ley D1037.87).

4.3.2.3.2. Grueso

El grueso de un tablero y la variación en el grupo promedio de los paneles conformará con el grueso permitido de la tabla V, VI y VII. El grueso será determinado midiendo el calibre (a la pulgada 0.001 más cercana) a una pulgada de la orilla de cada esquina del tablero y una pulgada desde la orilla de la mitad del largo de cada tablero. El promedio de estas medidas constituirá el promedio de grueso del tablero y se comparará con el grueso nominal colocado por el fabricante. Cada medida individual será comparada con el promedio del tablero.

4.3.2.3.3. Cuadratura

Las dos medidas diagonales de un tablero cortado no diferirá más que 1/32" por pie de ancho del tablero cuando el largo y ancho cortado satisfagan los requisitos prometidos.

4.3.2.3.4. *Rectitud*

Las orillas cortadas de los paneles de 24" de ancho o más anchos no se desviarán más de 1/64" por cada dos pies del largo o del ancho del tablero. La rectitud será determinada aproximando la medida a 1/64 de pulgada la desviación máxima de una línea recta extendida de esquina a esquina en la misma orilla cortada del tablero.

4.3.2.4. *Propiedades físico mecánicas*

El tablero de partículas conformará con los requerimientos físicos y mecánicos en las tablas V, VI y VII y las partes aplicables de esta sección de la clase respectiva.

Los valores específicos en las tablas V, VI y VII y los otros requisitos de esta sección, para las propiedades físicas y mecánicas, son promedios obtenidos en pruebas realizadas con cinco tableros. Además, ninguna propiedad de un solo tablero en una muestra multi-tableros puede ser más del 20% fuera de lo requerido con los valores mostrados para la clase particular en las tablas siguientes.

4.3.2.4.1. *Contenido de humedad*

El contenido promedio de humedad en el momento de despacharlo no debe exceder de 10% para clases listadas en tablas V y VI y no exceder de 9% ni menos que 6 % para clases en la tabla VII. La humedad contenida será determinada de la siguiente manera: tres muestras para la prueba de humedad serán cortadas desde diferentes puntos del tablero. El contenido de humedad del tablero será el promedio del resultado de las tres muestras diferentes.

4.3.2.4.2. Densidad permitida

La densidad promedio del tablero de partículas no será más de un 10% abajo de la densidad nominal establecida por el fabricante. La densidad del tablero será determinada midiendo una densidad promedio de seis muestras cortadas del tablero de partículas.

4.3.2.4.3. Duración del sistema de unión

Esta sección se aplica solamente a las clases de la tabla VI. El módulo promedio de ruptura después del envejecimiento acelerado, deberá ser menos del 50% de los módulos de ruptura listados para la clase en particular de la tabla VI. El módulo de ruptura será calculado con base en el grueso antes de la prueba de duración del sistema de unión.

4.3.2.5. Carga concentrada

4.3.2.5.1. Requisitos

Esta sección solamente se aplica a los niveles específicos de la tabla VII. El tablero de partículas soportará una carga de 600 lbs. y no se desviará o flexionará más que 1/8" (relativa a los apoyos) con una carga aplicada de 200 lbs.

4.3.2.5.2. Pruebas con muestra

Las muestras serán de 16" cuadradas por el grueso del material. Una muestra será cortada de cada tablero para ser probada.

4.3.2.5.3. Aparato de prueba

Una armazón será usada para sostener la muestra en sus cuatro lados. La distancia sin soporte será de 14 ½" x 14 ½". Será proveído un mecanismo rígido para ajustar la muestra a la armazón. La prueba de carga será aplicada en el centro de la muestra usando una barra de carga de 1" de diámetro con las orillas redondeadas a un radio de 0.05". Será proveído un medio para aplicar una carga arriba de 600 lbs a la barra. La carga aplicada será medible dentro de un porcentaje. Se montará un calibrador a través de la armazón, para medir la flexión inmediata adyacente a la barra de carga. Esto permite medir la flexión relativa de la muestra para el soporte de miembros.

4.3.2.5.4. Módulos de ruptura y de elasticidad

No es necesario obtener una curva completa de flexión de carga, solamente se necesita registrar dos valores de carga dentro del rango elástico. Tres muestras serán cortadas paralelas al largo de cada tablero para ser probadas y un número igual de muestras serán cortadas perpendiculares al largo de cada tablero. El valor promedio de las propiedades de las seis muestras determinarán los valores de módulo de ruptura y de elasticidad del tablero.

4.3.2.5.5. Dureza

La dureza será determinada realizando dos pruebas a muestras cortadas del tablero. Los resultados de las pruebas de penetración serán promediados para determinar la dureza total del tablero.

4.3.2.5.6. Hinchamiento

Esta sección se aplica, únicamente, a la clase listada en la tabla VII. El grueso de hinchamiento del tablero no excederá el 8% cuando es probada después de 24 horas de remojo.

4.3.3. Conformación de la prueba

4.3.3.1. Prueba e inspección del fabricante

Cada fabricante que representa su producto conforme a esta ley, puede utilizar la estadística basada en planes de muestreo y procedimiento adecuado de controles de calidad para asegurar el cumplimiento con esta ley.

4.3.3.2. Muestreo para aprobación

El comprador que desee realizar las pruebas e inspecciones especificadas en esta ley, deberá usar cinco tableros de cada clase y grueso, seleccionándolos al azar (del lote).

4.3.4. Identificación

4.3.4.1. Explicación de las clases

Las clases de tableros de partículas de madera en esta ley tienen tres partes: un primer dígito, una letra de designación y un dígito o letra final. El primer dígito indica el sistema de unión utilizado. Las letras tienen el siguiente significado.

- H: Densidad nominal alta;
- M: Densidad nominal media;
- LD: Densidad nominal baja;
- D: Cubierta de hogar prefabricado.

El dígito o letra indica la clase dentro de una descripción particular. Por ejemplo, 1-M-2 indica: tipo1, tablero de partículas de madera de mediana densidad, clase 2

4.3.4.2. *Información para ser proporcionada*

Todos los tableros de partículas, los cuales son representados por esta ley serán identificados de la siguiente manera:

- a. nombre o marca del fabricante,
- b. "ANSI A203-1",
- c. la clase,
- d. número de lote o fecha de producción,
- e. solamente el producto de la clase D dirá "cubierta de hogar prefabricado",
- f. para productos del tipo 2 destinados para aplicaciones de exterior dirá "pegamento para exteriores".

CONCLUSIONES

1. El análisis estadístico es una herramienta de suma importancia en la detección de problemas, tanto en empresas de manufactura como en las de servicios ya que permiten enfocar toda la atención en el punto indicado, evitando inversiones, tanto económicas como de tiempo, innecesarias.
2. El mantener una estrecha comunicación con el cliente permite conocer las debilidades y fortalezas con que la empresa cuenta, permitiendo identificar, a cabalidad, las áreas que se debe atacar en escala de prioridad para seguir cumpliendo con las expectativas del cliente y, así, prevenir el ser sustituidos o desplazados del mercado en el que se compete.
3. El control de calidad, dentro de las empresas de manufactura y servicios, es un arma sumamente poderosa, siempre y cuando sea bien aplicada, la obtención de la materia prima adecuada, el mantenimiento general de las máquinas, las pruebas preventivas al producto, la documentación de procedimientos e instrucciones, la comunicación eficiente y la capacitación del personal son algunos de los factores determinantes que marcan la diferencia entre una y otra empresa, por lo que debe profundizarse más en el tema, adecuar el sistema de calidad e inculcar dicha cultura a la propia compañía permitiendo ser competentes.
4. En la producción de tableros de partículas de madera, al igual que en la producción de cualquier otro tipo de tablero aglomerado, la selección de la maquinaria es de vital importancia, pero, lo es más la selección de la máquina formadora a ser

utilizada debido a que ésta es el corazón del proceso y es la encargada de cumplir con el nivel de calidad deseado, por lo que si se elige, adecuadamente, se evitará hacer modificaciones posteriores como las que en este caso refiere.

5. En la máquina formadora, tipo Würtex, la velocidad angular de los rodillos de lanzamiento, tanto de perlonas como los de cerdas, es un factor fundamental para la dispersión adecuada del material sobre las mantas que se están formando, debido a que, mientras mayor sea dicha velocidad, mayor será la tangencial que permitirá depositar cada partícula de madera, adecuadamente permitiendo obtener un tablero aglomerado con densidad uniforme.

RECOMENDACIONES

1. La implementación de una cultura de calidad a través de un sistema que permita una satisfacción total del cliente, del empleado y de la empresa. Sería de gran utilidad el trabajar para lograr una certificación en normas ISO 9,000.
2. Las descripciones de puestos y procedimientos de trabajo son de gran utilidad en el proceso de implementación de un sistema de calidad y permiten al empleado realizar su trabajo de una mejor manera, permitiéndole así observar con mayor objetividad cualquier anomalía en el proceso de producción y lograr corregir el problema a tiempo.
3. Elaborar e implementar una guía o manual de pruebas de laboratorio que deben ser realizadas a los tableros de partículas de madera con la finalidad de contar con la certeza de que se están produciendo tableros aglomerados con las características finales deseadas, y, de no cumplirse dichas características, enumerar los pasos a seguir para la corrección del problema.
4. Apoyar, fielmente, el programa de servicio al cliente, especialmente, en el área de servicio postventa para mantener la retroalimentación que permita conocer más a fondo las expectativas del cliente y atacar, eficaz y eficientemente, los problemas que dañen la imagen que la empresa desea proyectar.
5. Contratar los servicios de un asesor especializado en el área de manufactura de tableros de partículas de madera con la finalidad de que realice auditorías internas

que permitan conocer el nivel de cumplimiento general de las características finales de los tableros, según diseño.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION. **Performance Standards and Policies for structural-Use panels**, Washington, Tacoma: 1,993.
2. ASOCIACIÓN NACIONAL DE TABLEROS DE PARTÍCULAS. **Estándar Nacional Americana de tableros de partículas de madera de densidad media, norma ANSI/A208.0-1,986**. U.S.A., Maryland: 1,993.
3. J. M. JURAN- F. M. GRZYNA. **Análisis y Planeación de la Calidad**. México. Editorial McGraw Hill. 1,994.
4. KAORU ISHIKAWA. **¿Qué es el Control Total de Calidad?, la modalidad Japonesa**. Colombia. Grupo Editorial Norma. 1,996.
5. KIKATA, Y. **Zephyr Wood, a Network of Continous Fibers**. Canadá, Montreal: XIX IUFRO World Congress. 1,995.
6. LEHMANN, W. F., and E. ROFFAEL. **International Guidelines and Regulations for Formaldeyde Emissions**. U.S.A.: Composite Materials Symposium, No. 26. 1,996.
7. ROBERT L. NORTON. **Diseño de Maquinaria**. México: Editorial McGraw Hill, 1,995
8. THOMAS M. MALONEY. **Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing**. U.S.A., San Francisco. Miller Freeman Inc. 1,994.

ANEXOS

**Figura 16. FACTORES DE GRÁFICAS DE CONTROL PARA X Y R;
FACTORES PARA ESTIMAR s Y R**

Número de observaciones en una muestra				Factor para la estimación de R $d_2 = \bar{R}/s$
	A2	D3	D4	
2	1.88	0	3.268	1.128
3	1.023	0	2.574	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.114	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.97
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.284	1.717	3.258
13	0.249	0.308	1.692	3.336
14	0.235	0.329	1.671	3.407
15	0.223	0.348	1.652	3.472

$$\begin{aligned} \text{LCC} &= \bar{X} \\ \text{LCS} &= \bar{X} + A_2\bar{R} \\ \text{LCI} &= \bar{X} - A_2\bar{R} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCC} &= \bar{R} \\ \text{LCS} &= D_4\bar{R} \\ \text{LCI} &= D_3\bar{R} \end{aligned}$$

FOTOGRAFÍAS

Figura 17. Fotografía del diseño original de la máquina formadora

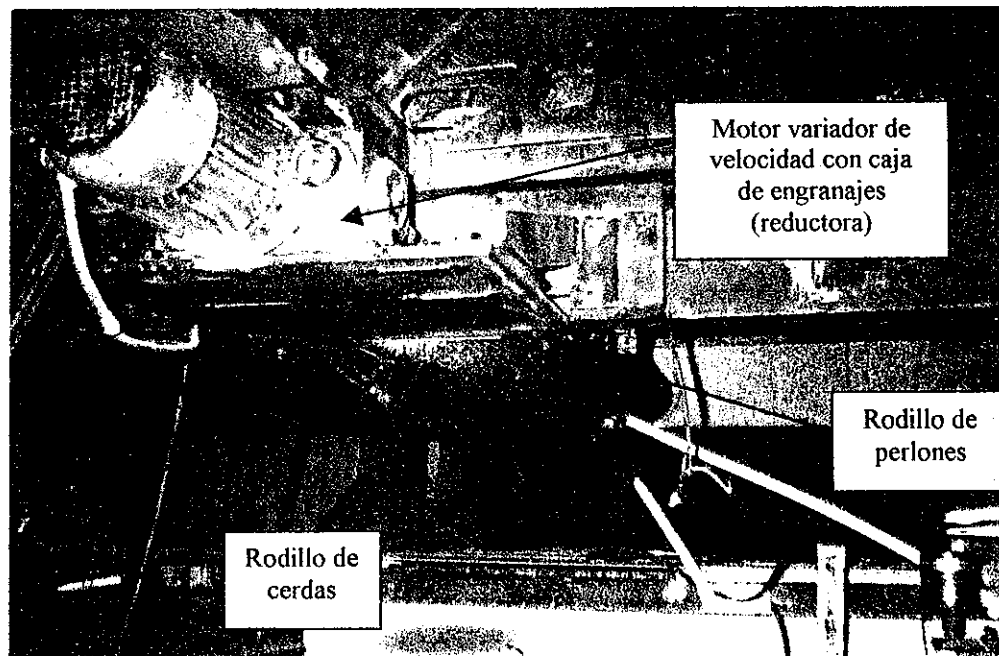


Figura 18. Fotografía de los rodillos de lanzamiento desmontados de su base original

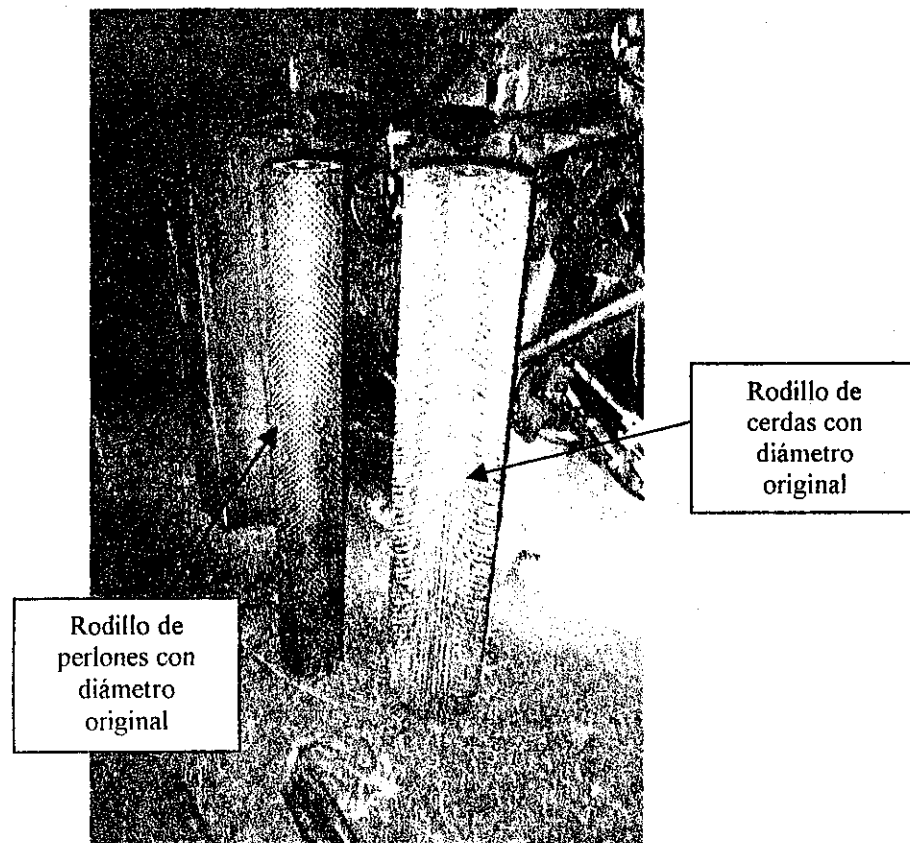


Figura 19. Fotografía de los rodillos de cerdas rediseñados antes de ser montados en su base

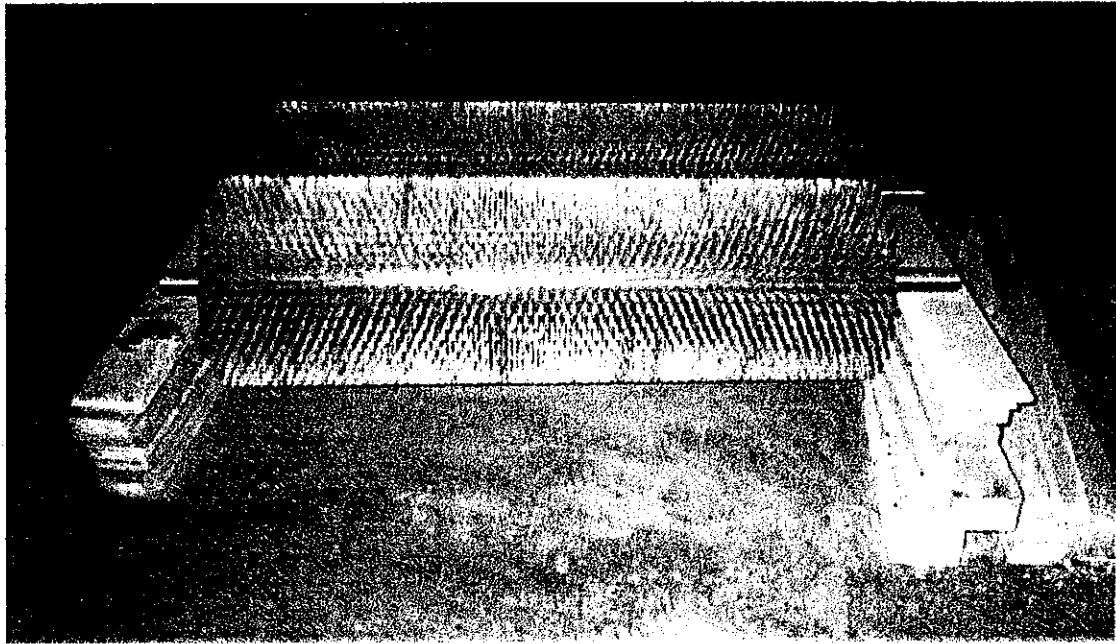


Figura 20. Fotografía del montaje de los rodillos de cerdas rediseñados

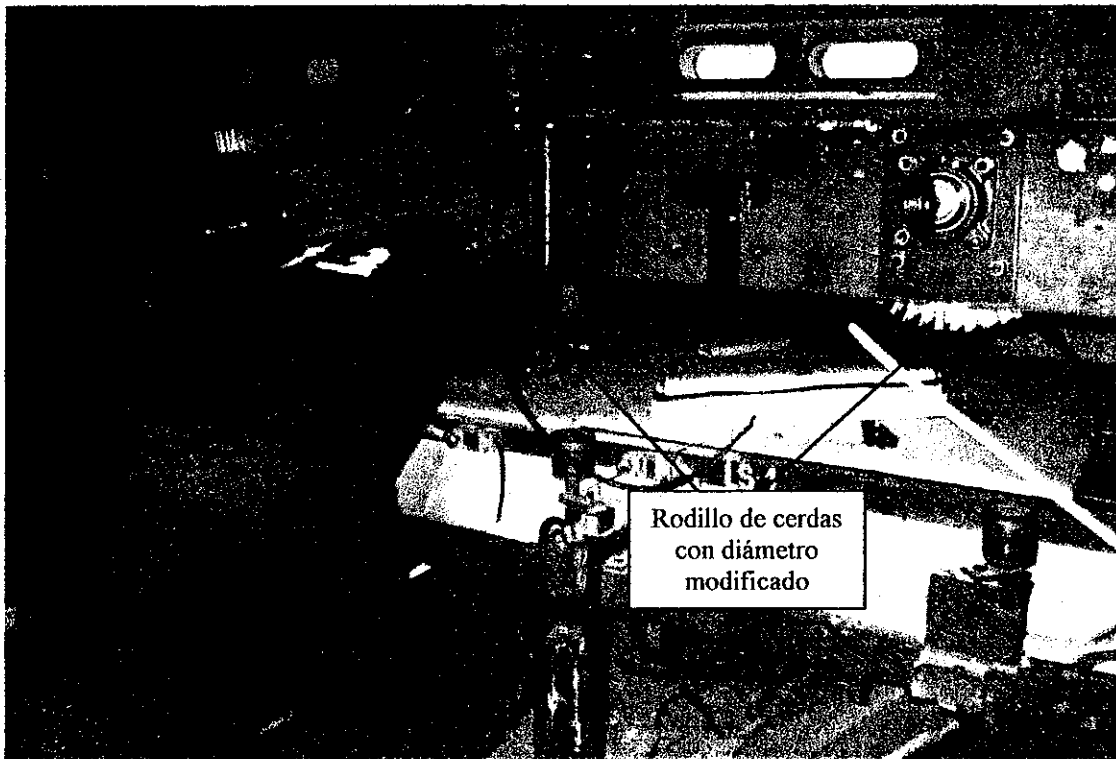


Figura 21. Fotografía de los perlones plásticos individuales antes de ser ensamblados en sus respectivos cilindros

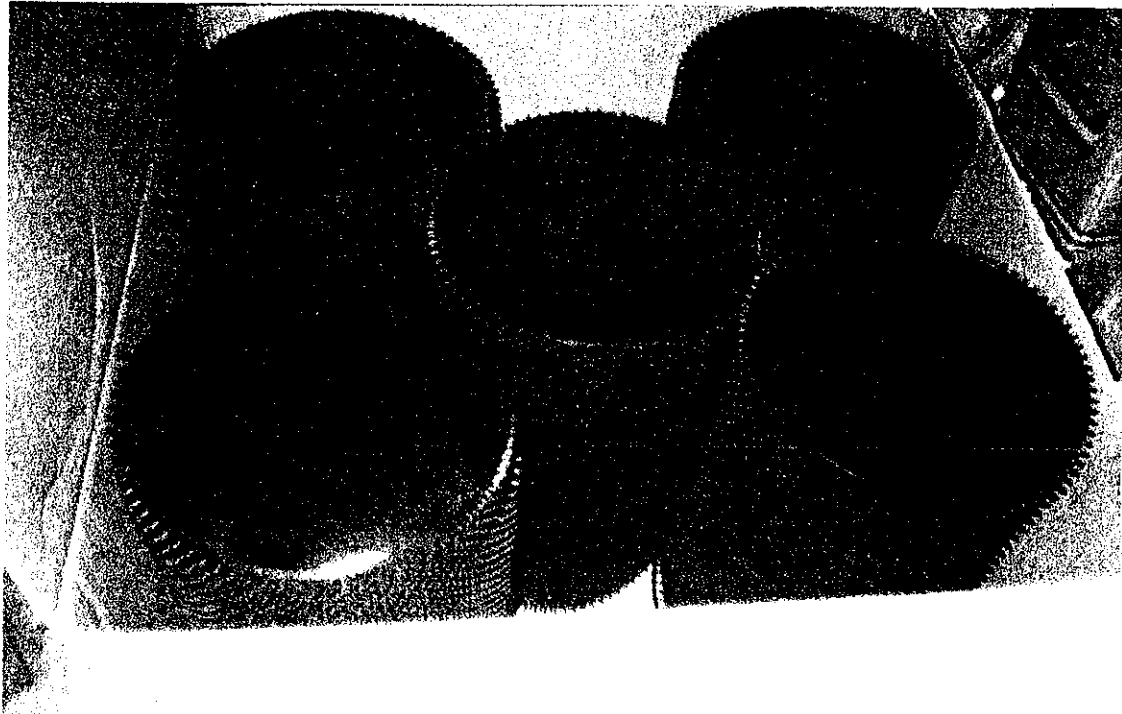


Figura 22. Fotografía del ensamble de los perlones plásticos en sus cilindros



Figura 23. Fotografía de los rodillos de perlon y de cerdas montados sobre su nueva base

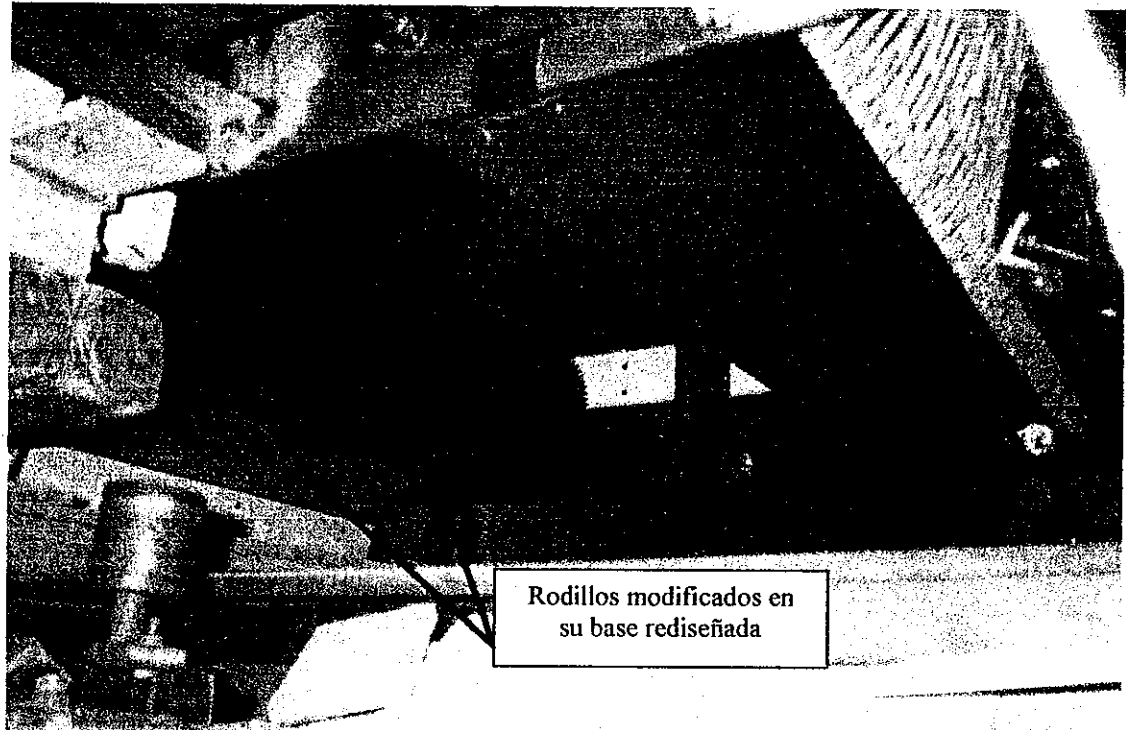
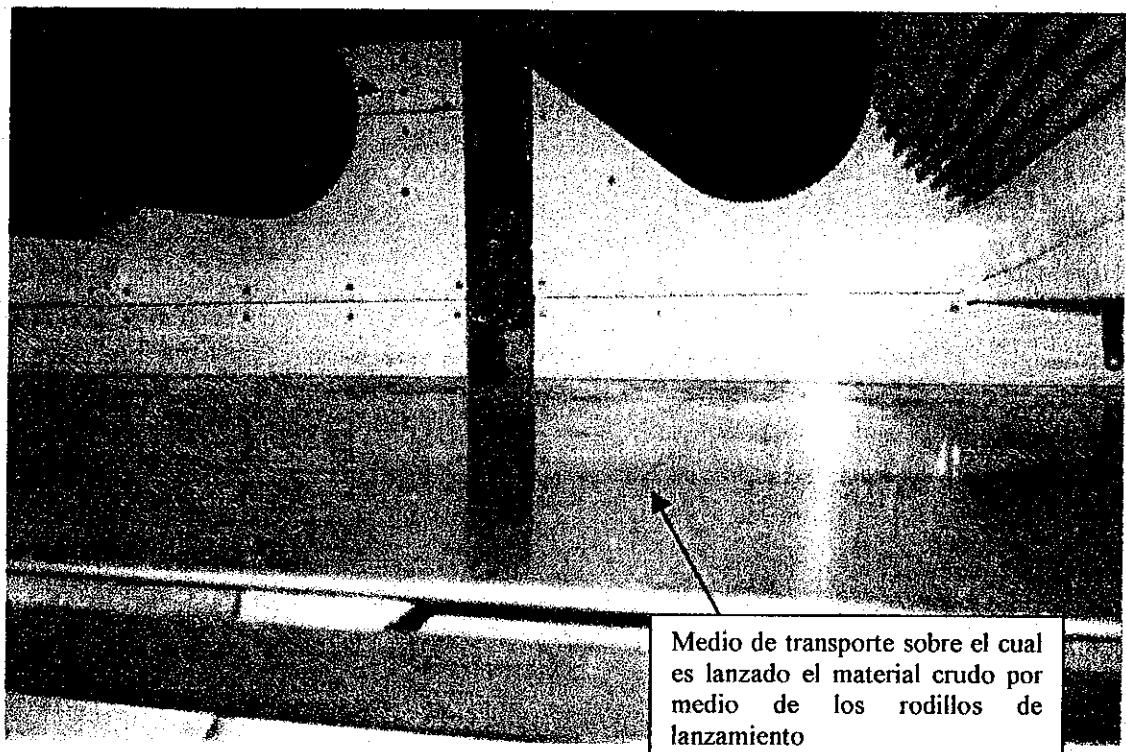
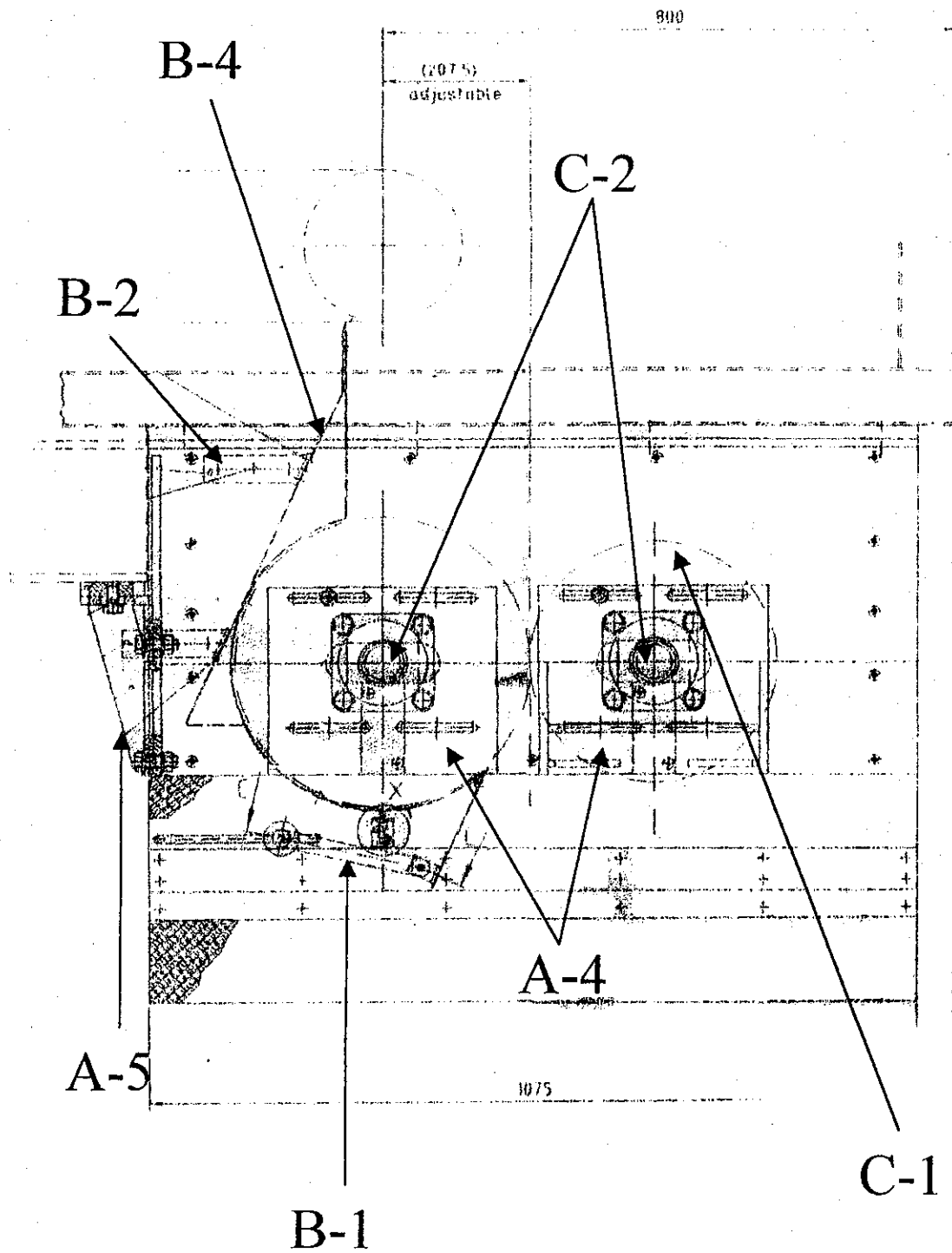


Figura 24. Fotografía del montaje del rediseño finalizado

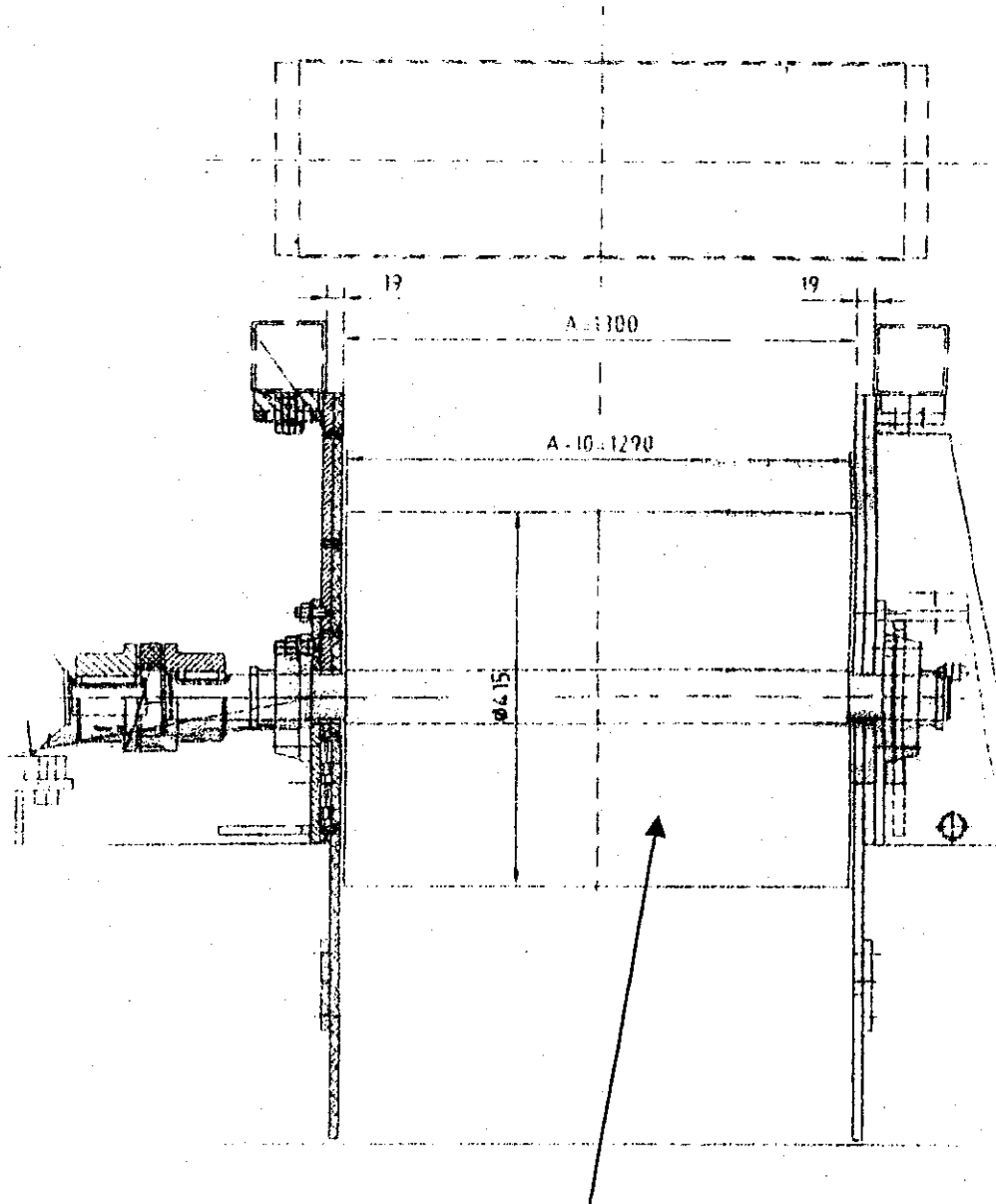


PLANOS

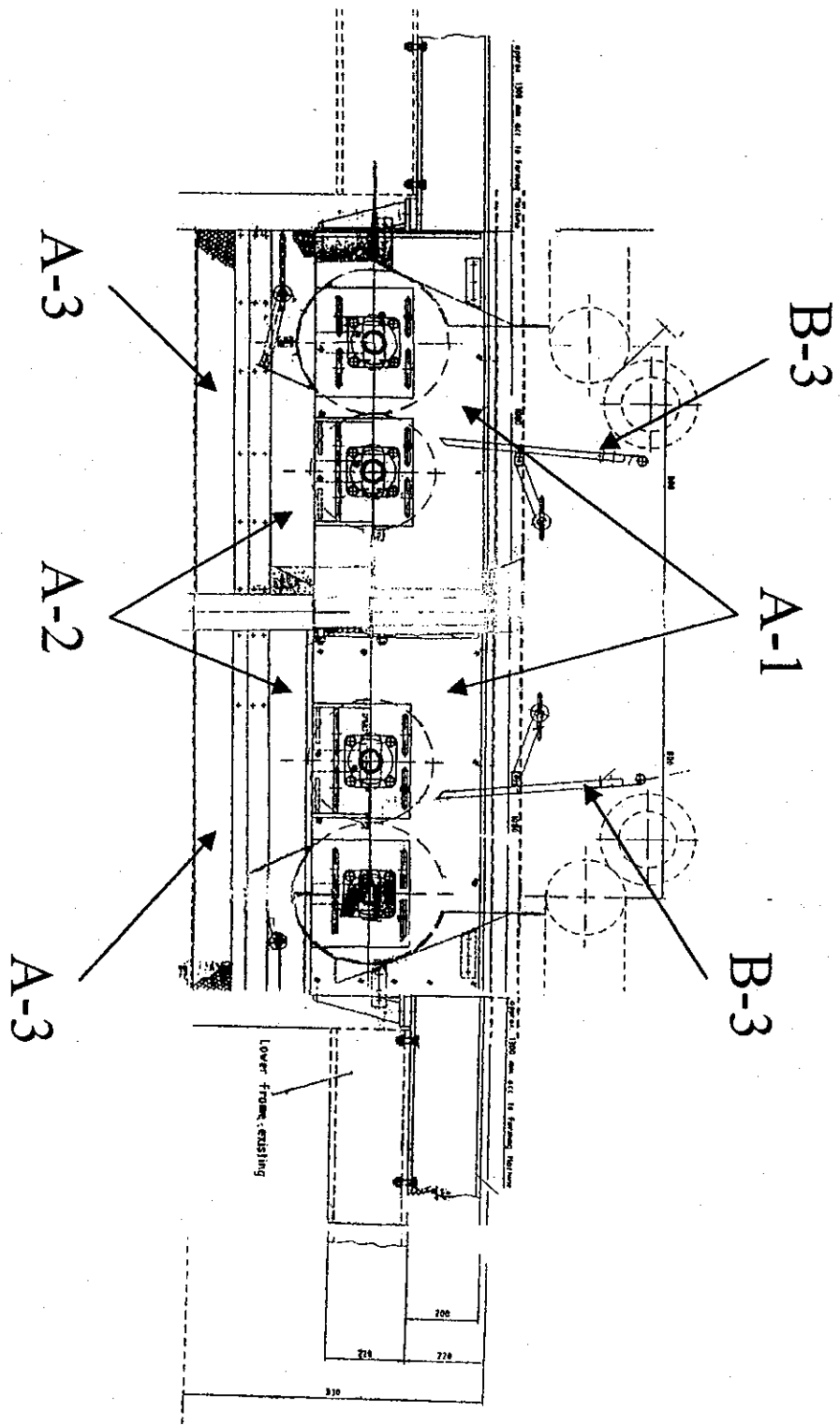
REDISEÑO ENSAMBLADO Y SUS PARTES



Nota: las secciones señaladas, son piezas individuales ensambladas en el montaje finalizado



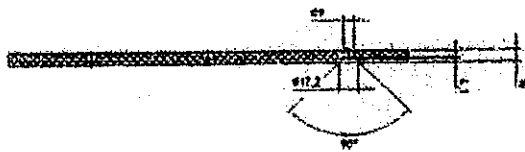
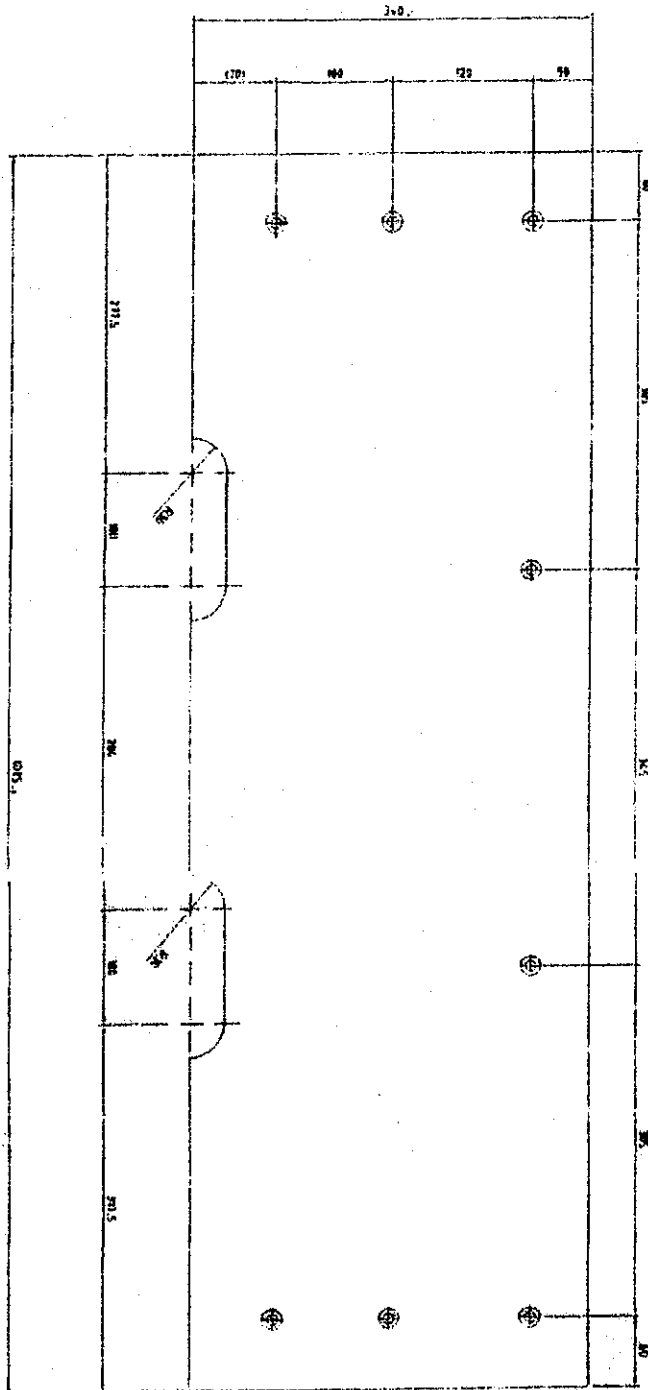
Rodillo de cerdas rediseñado
montado en su base

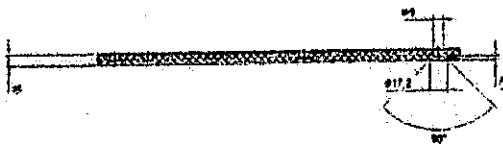
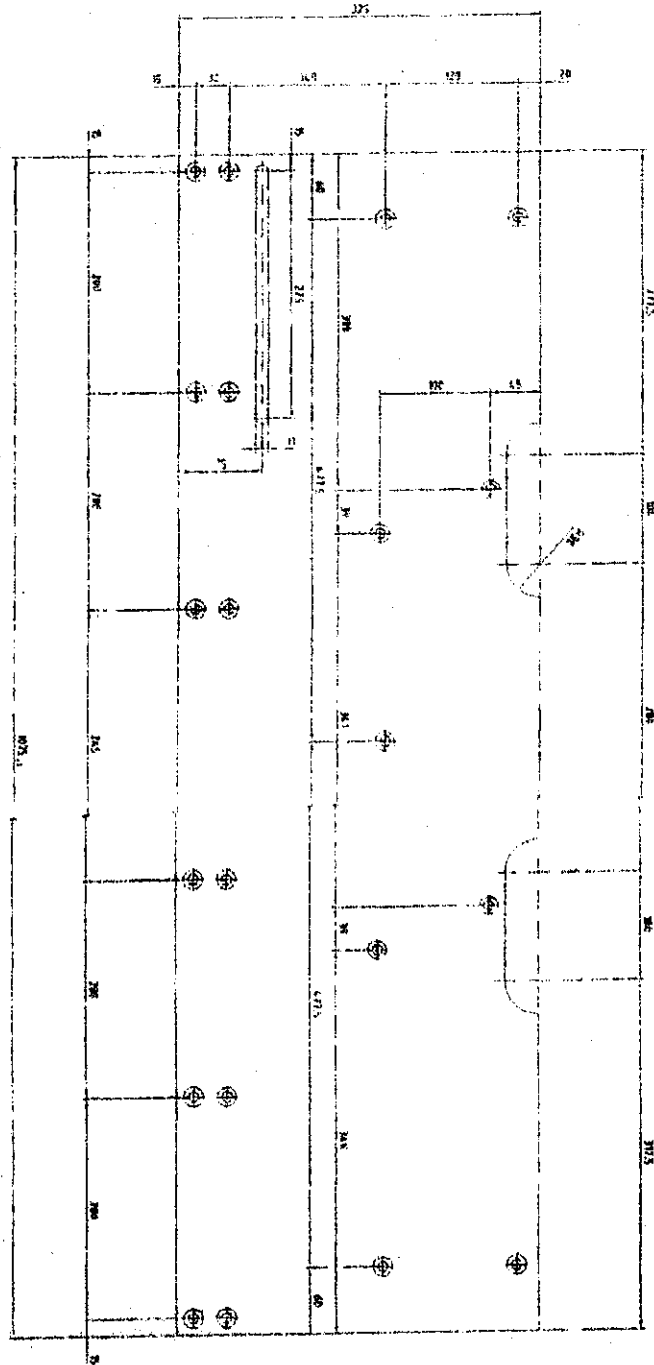


Nota: las secciones señaladas, son piezas individuales ensambladas en el montaje finalizado

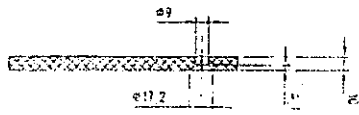
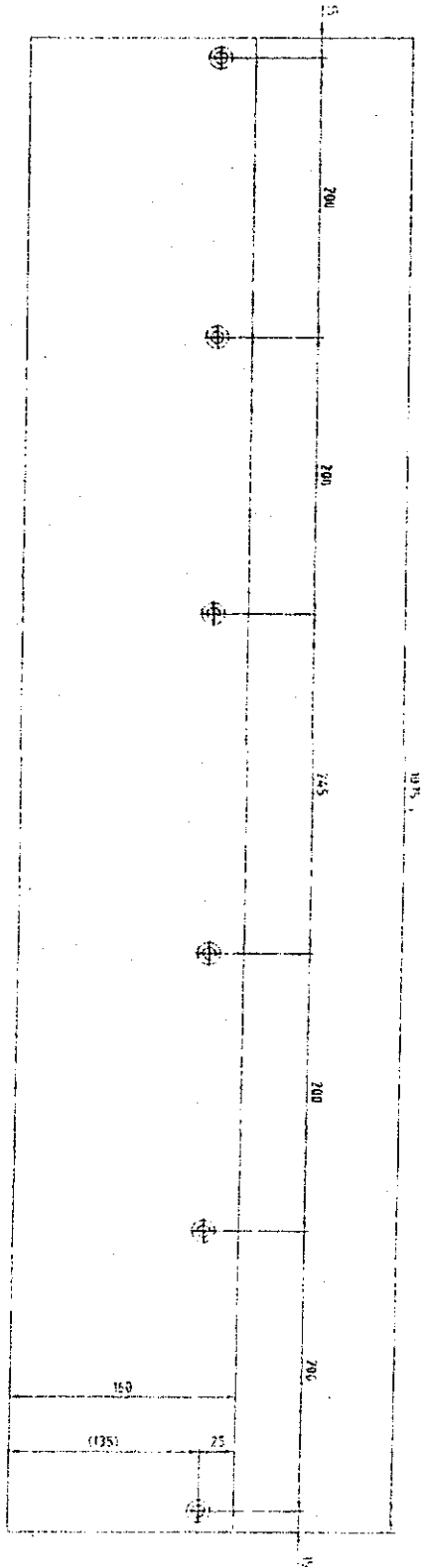
SECCIÓN A

Parte A-1

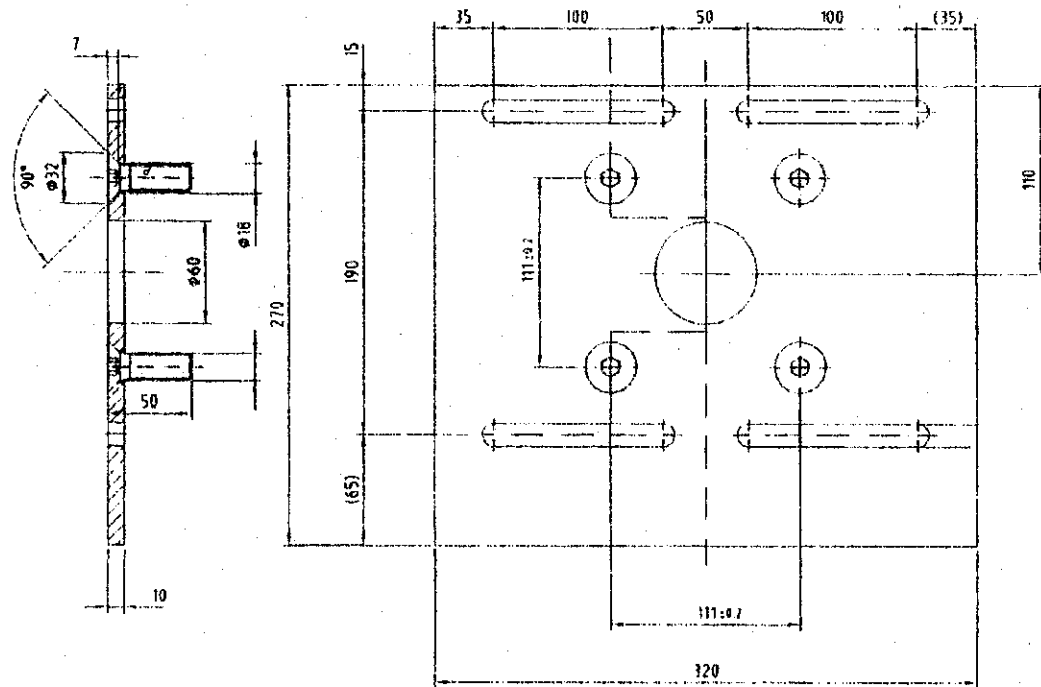




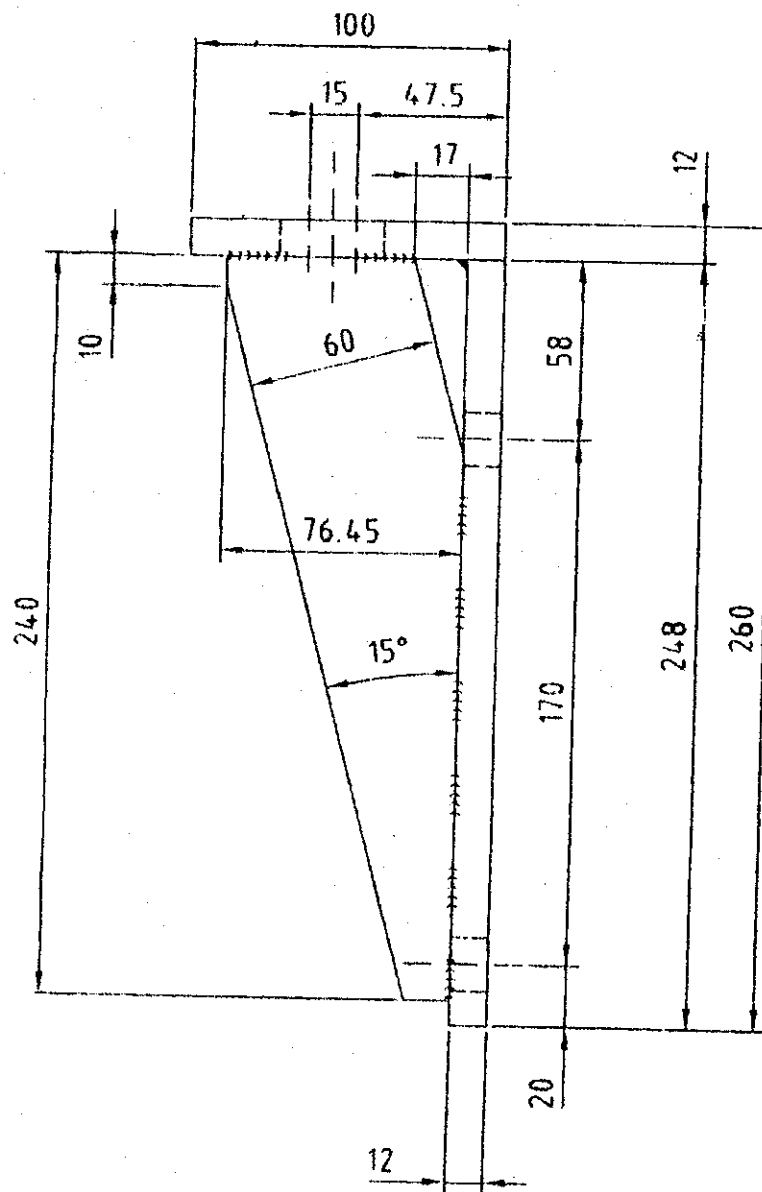
Parte A-2



Parte A-3

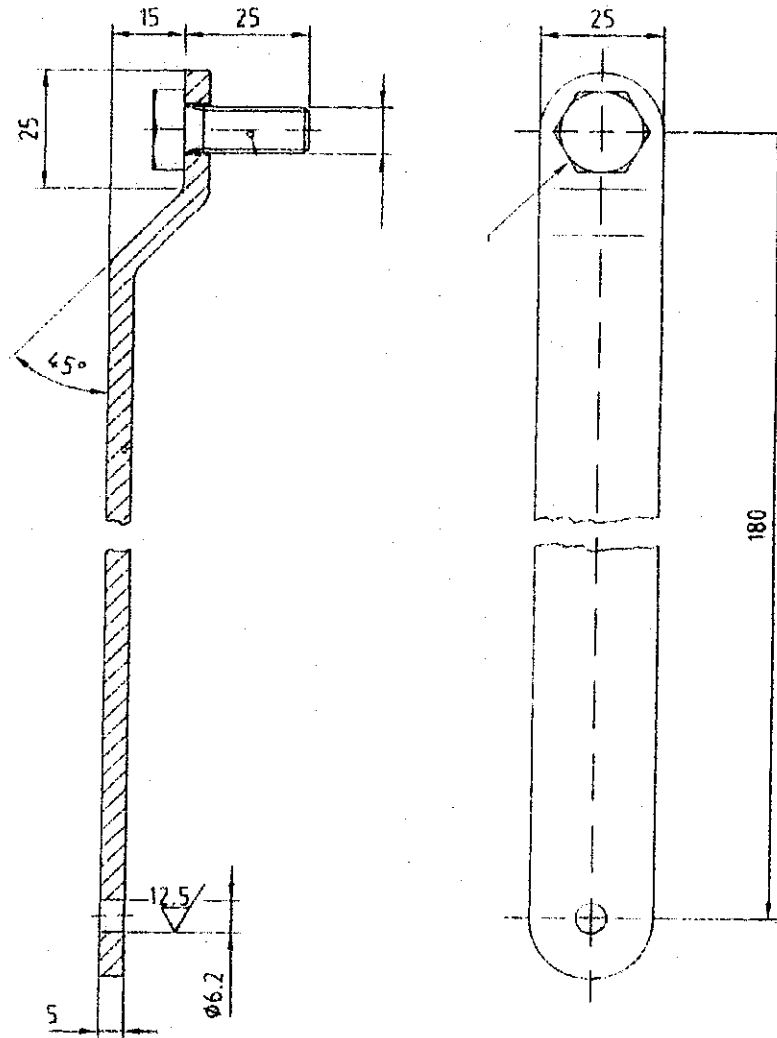


Parte A-4

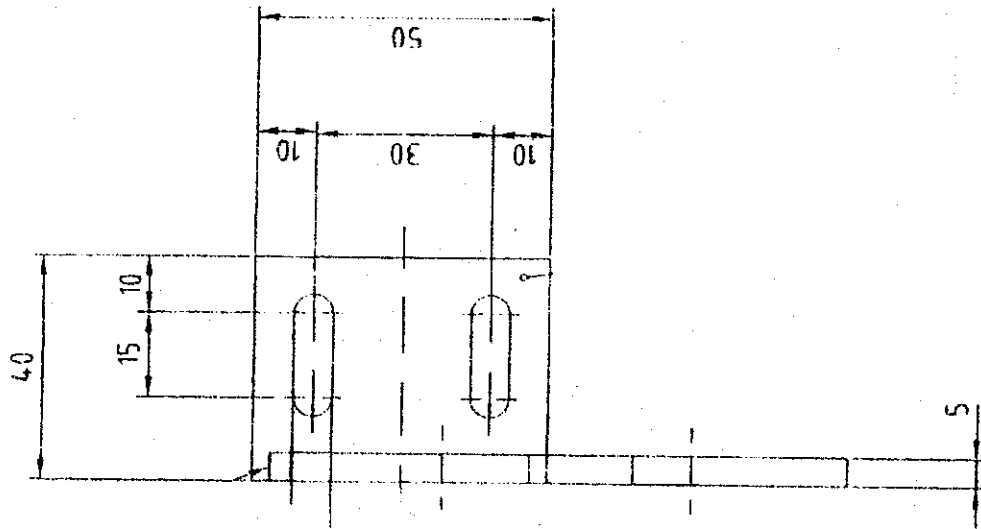


Parte A-5

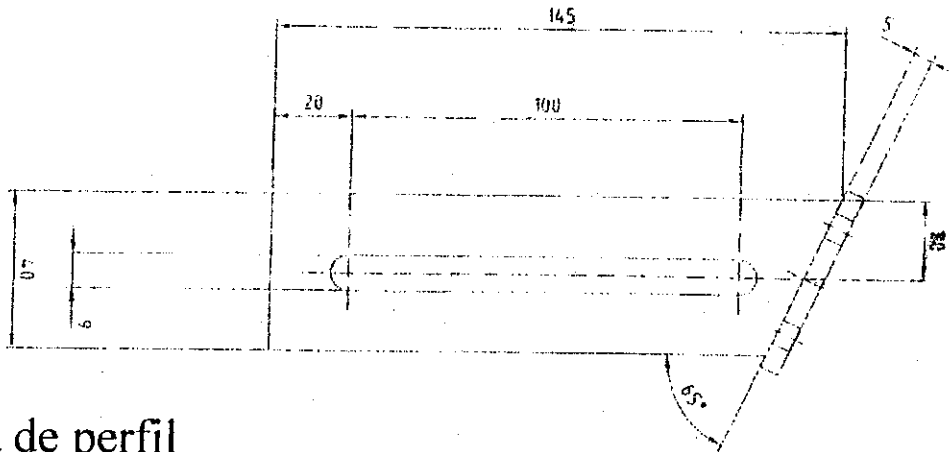
SECCIÓN B



Parte B-1

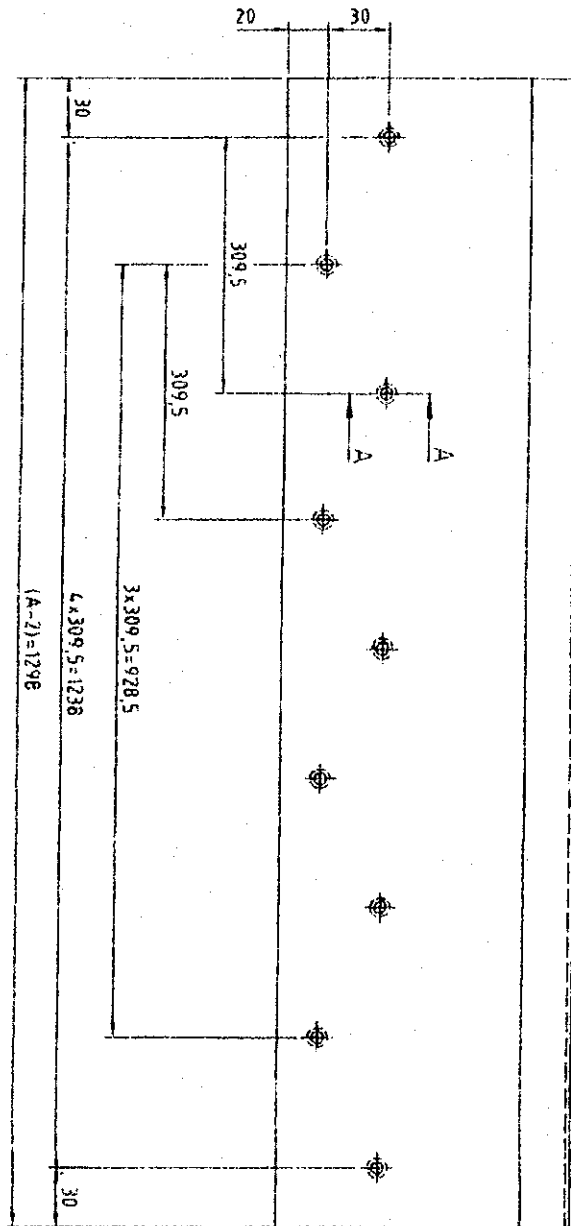
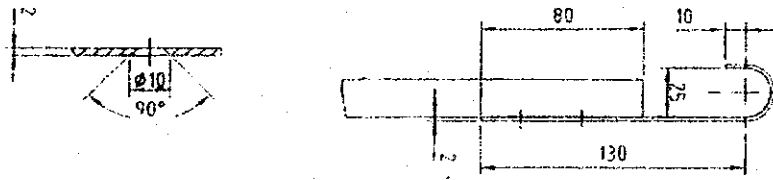


Vista de elevación



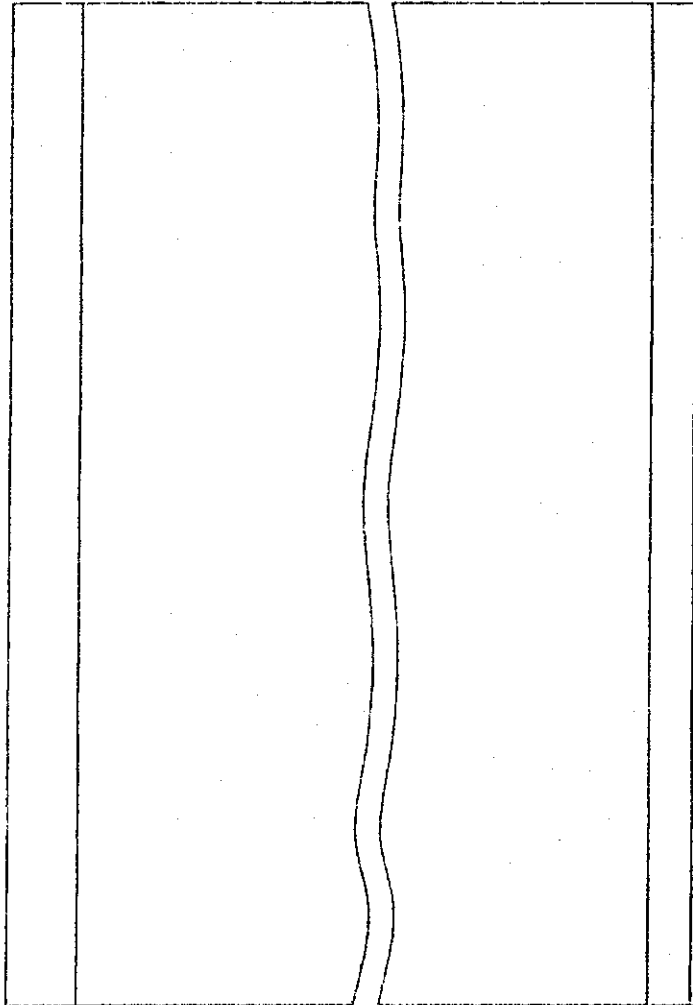
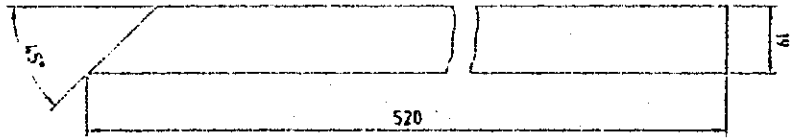
Vista de perfil

Parte B-2

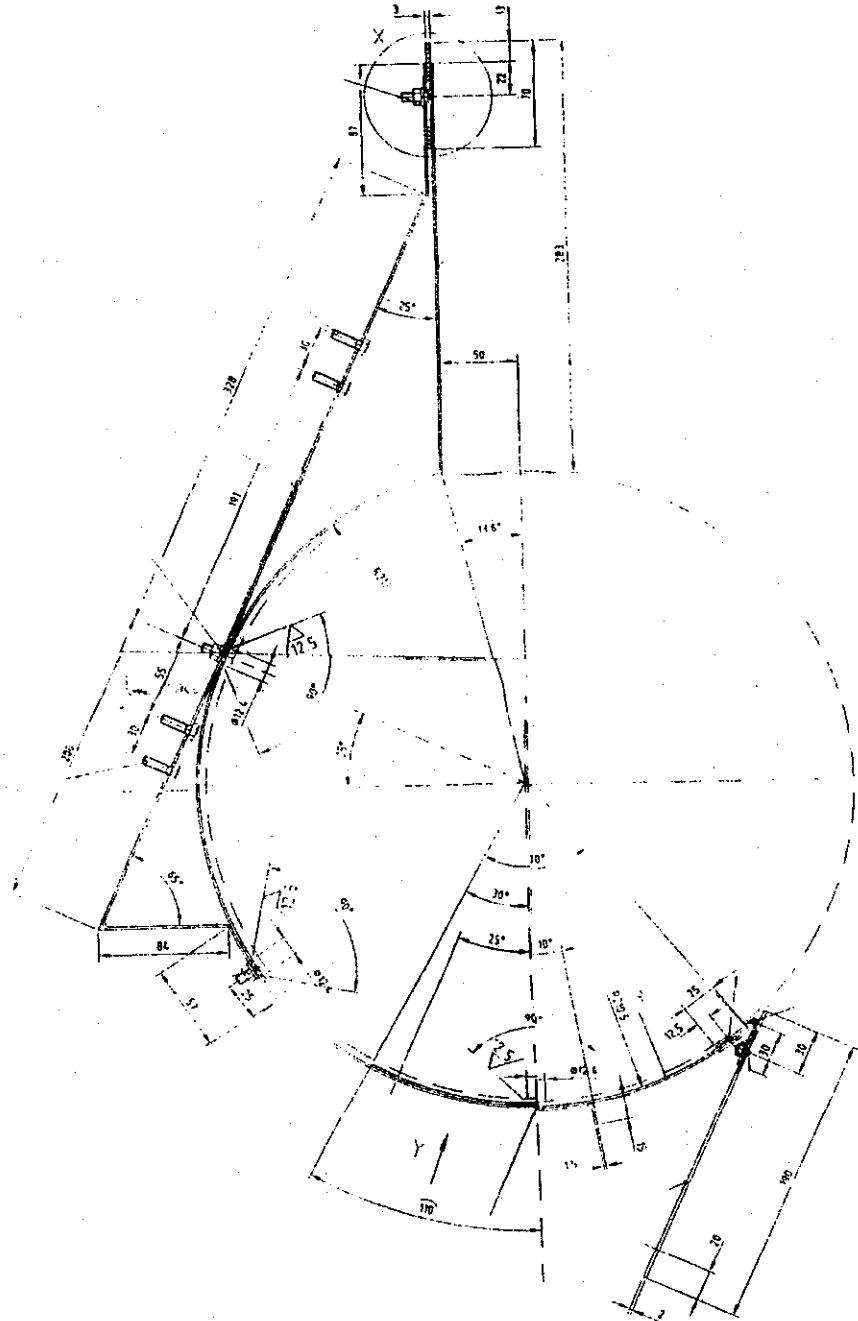


Parte B-3

A=1300



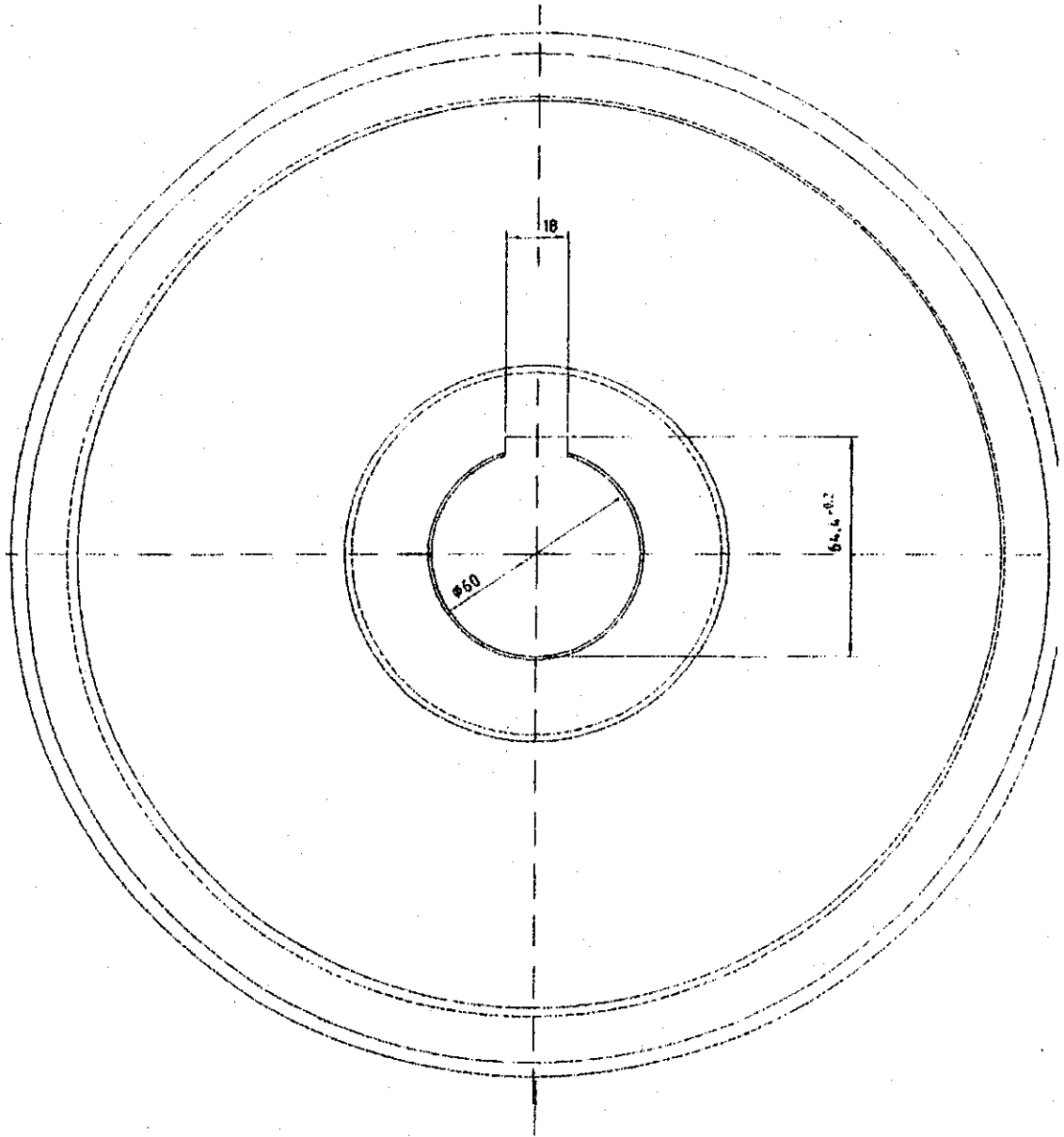
Parte B-3.1



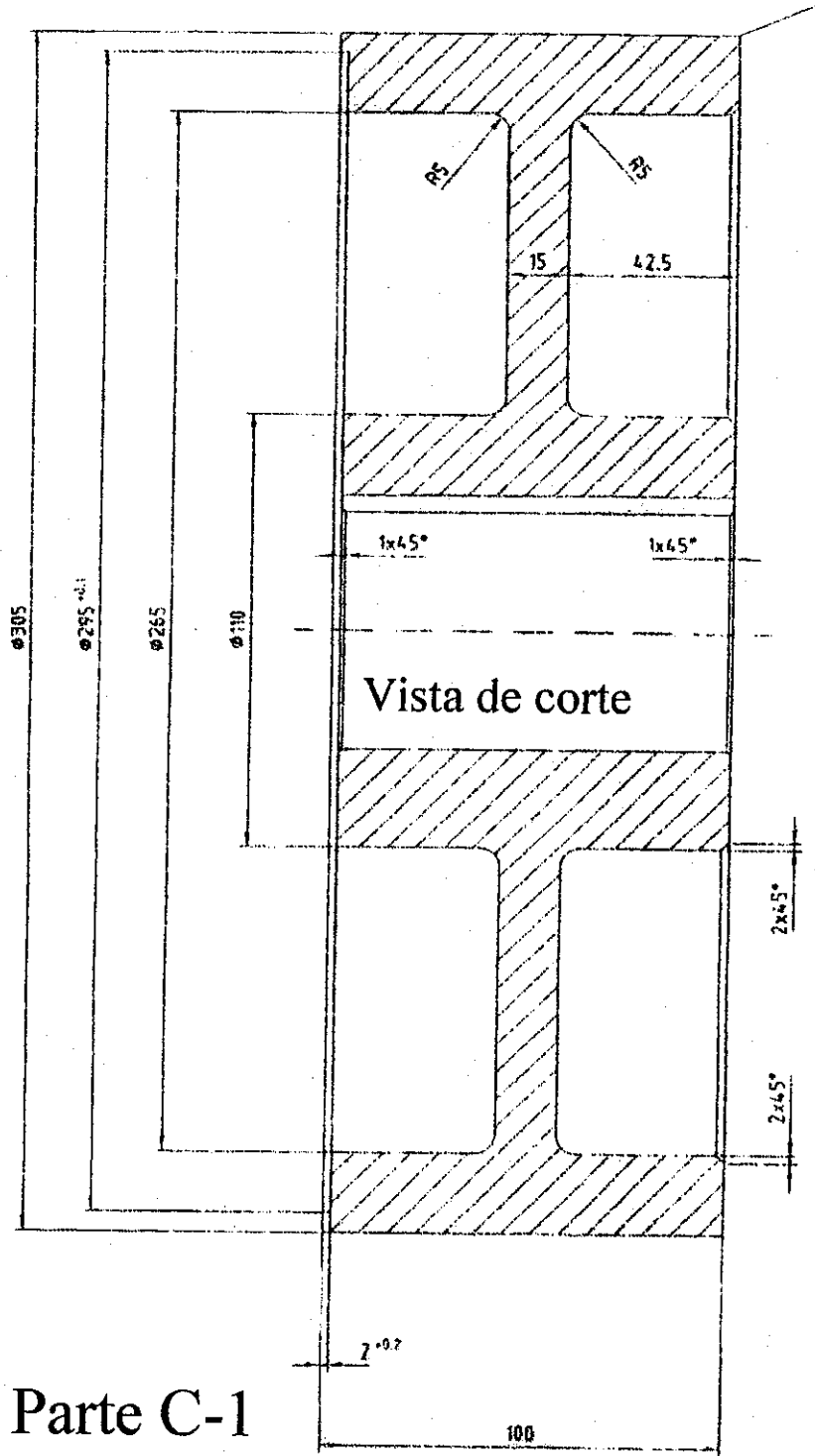
Parte B-4

SECCIÓN C

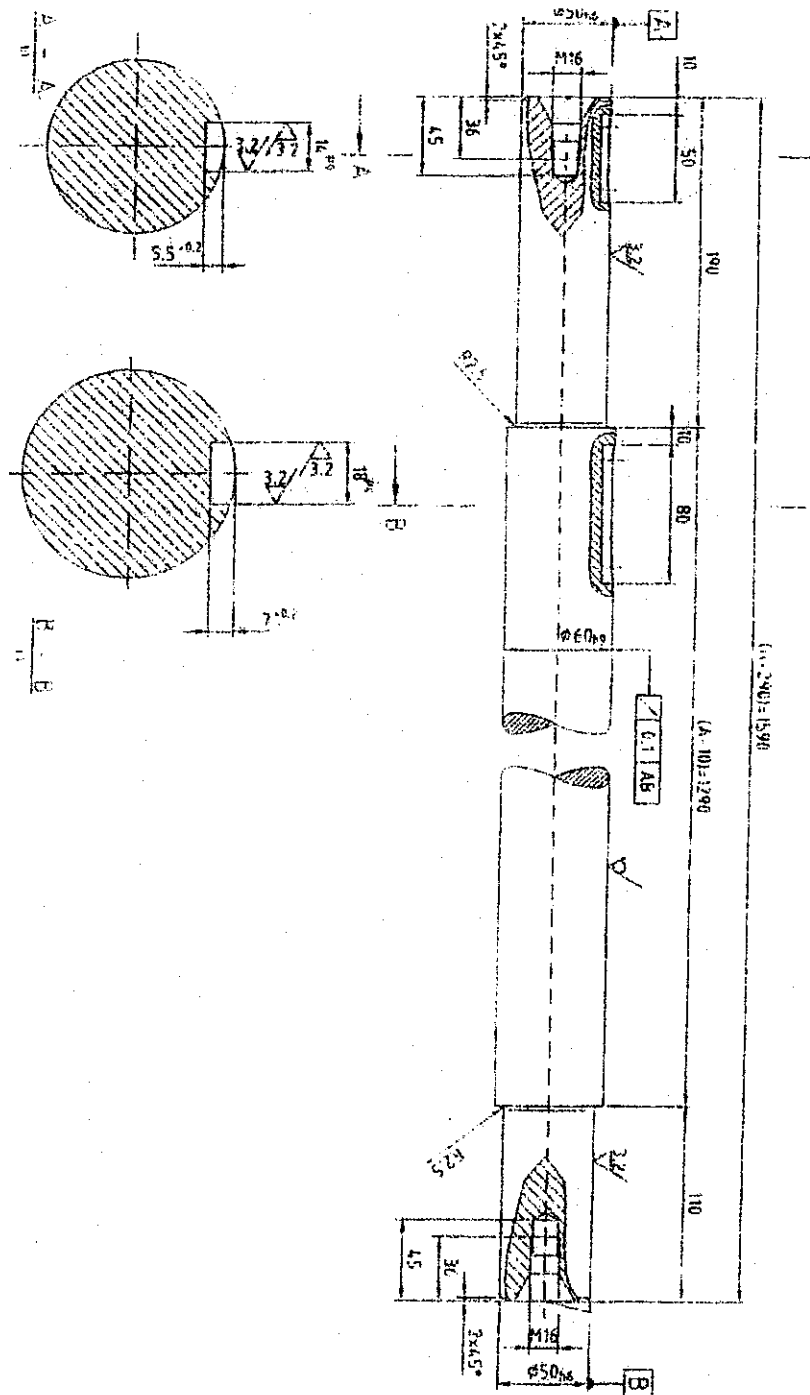
Vista de perfil



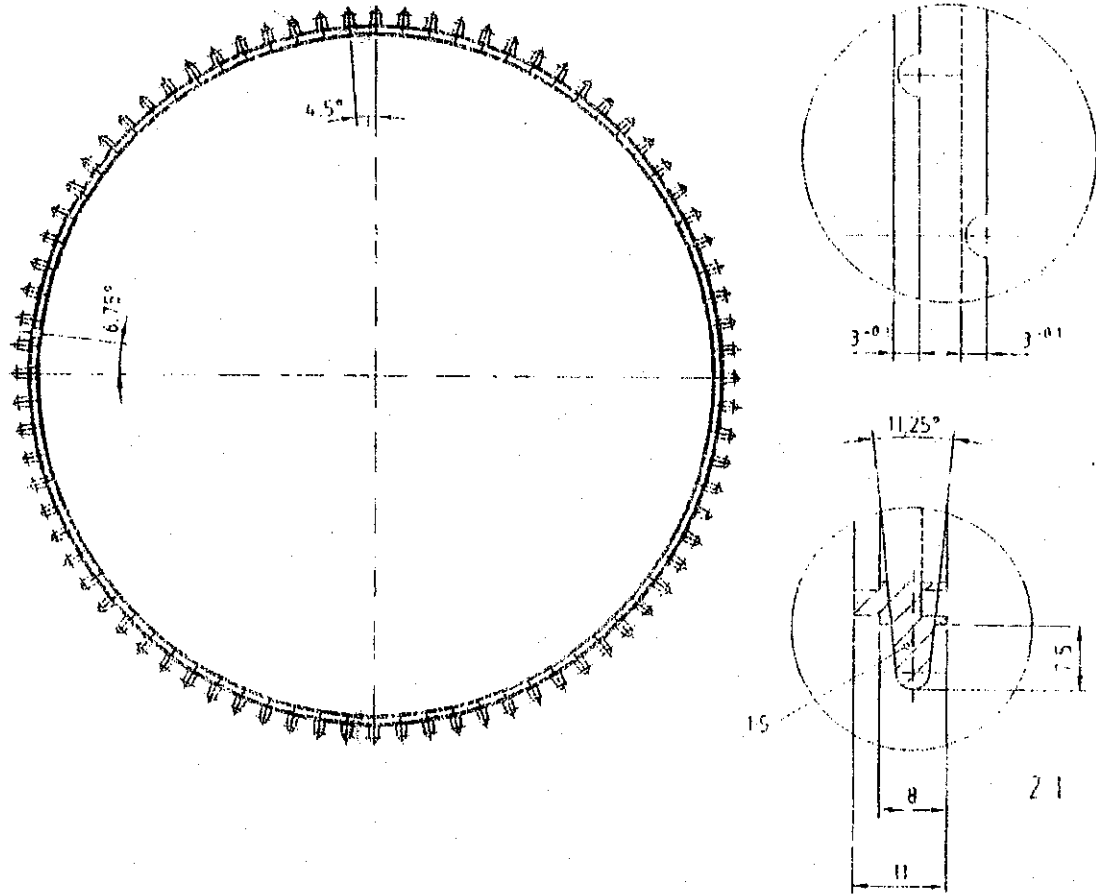
Parte C-1



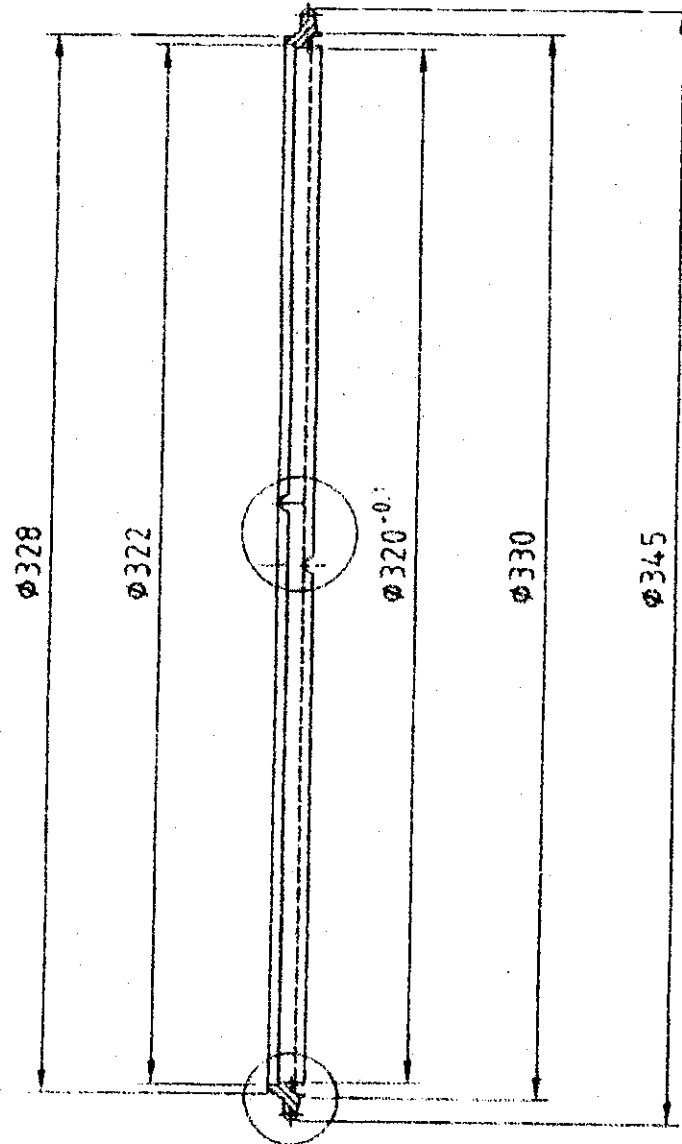
Parte C-1



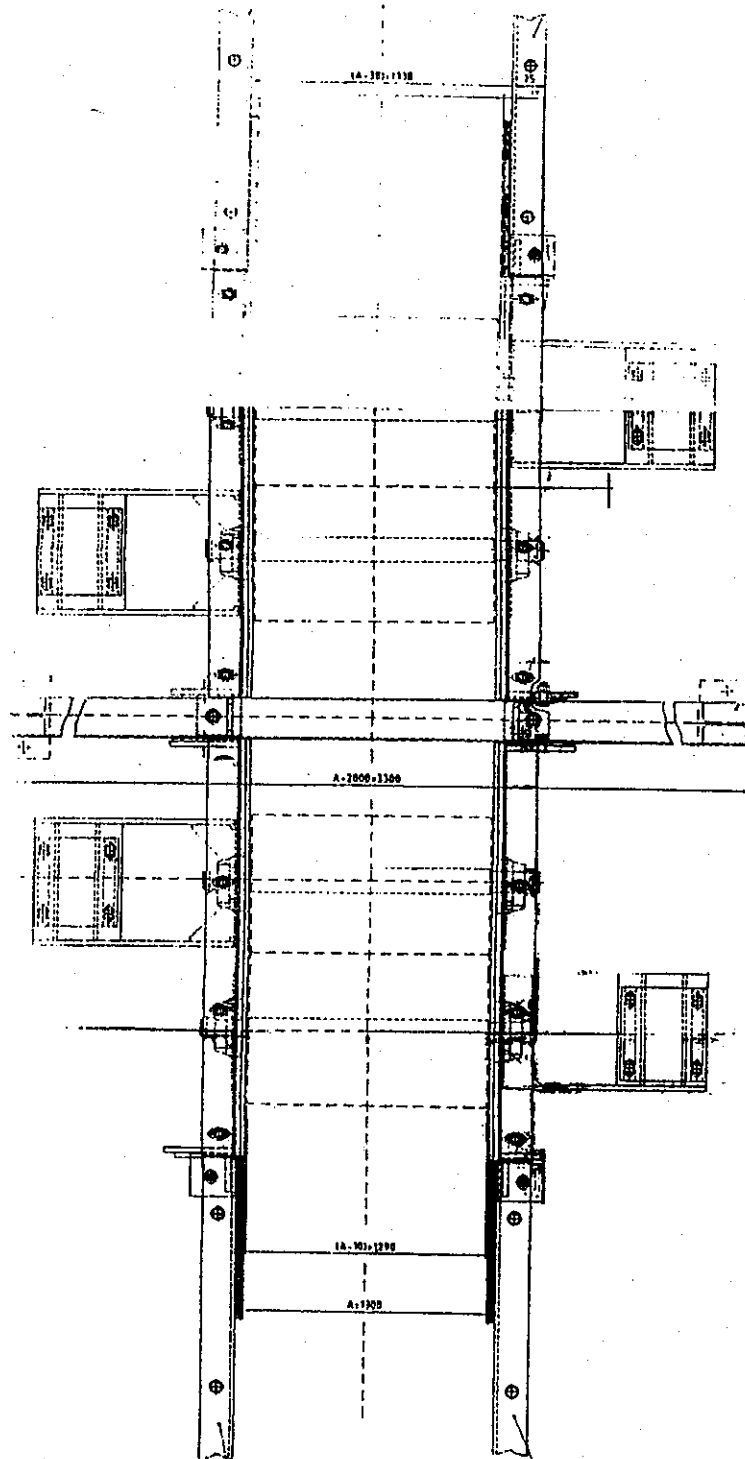
Parte C-2



Perlones plásticos
Elevación



Perlones plásticos
Perfil



Montaje finalizado
(Vista de planta)