

2  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PAPEL DEL INGENIERO MECANICO  
EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL  
DE LA INDUSTRIA CARTONERA**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICO  
( A R E A M E C A N I C A )

P R E S E N T A :

**JOSE AGUILAR REGALADO**

DIRECTOR: ING. SANTIAGO PEREZ GARCIA

México, D. F.

1991

**FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I. INTRODUCCION.

El cartón corrugado es un producto elaborado con papel cuyo uso cotidiano en forma de caja hace que tenga una gran demanda tanto a nivel nacional como internacional; ya que es utilizado principalmente para empacar aquellos productos que por su tamaño, para su fácil manejo y su seguridad se manejan en diferentes cantidades. Dentro de la amplia variedad de productos empacados es posible mencionar a todo tipo de enlatados, bebidas, frutas, jabones, etc. Otra aplicación que se le ha dado es como exhibidores-empaque de juguetes.

El cartón corrugado es un ensamble de tres clases de papel conocidos por su ubicación como Liner-Medium-Liner. Los "Liner" son lisos con propiedades mecánicas y físicas parecidas, mientras que el "Medium" es el corrugado colocado entre los "Liner". Las propiedades de aquel regularmente son diferentes a las de éstos dependiendo de la resistencia del cartón a la compresión y a la humedad. (VER EL LAYOUT DE LA PLANTA AL FINAL DEL CAPITULO)

El proceso de corrugado es un proceso semicontinuo que se inicia con la selección de los liner y medium en la bodega de rollos; ya seleccionados son transportados con montacargas a las máquinas corrugadoras dentro de las que se encuentran las secciones de preparación tanto para liner's como para medium's, la sección de las "flautas" donde se le hace el corrugado al medium además de unirlo con adhesivo al liner formando el espalme conocido como "Single Face", la sección del "Puente Superior" por donde es transportado el single face, la sección del "Engonador" en donde se le aplica adhesivo al segundo lado libre del medium

para después unirlo con el segundo liner en el "Double Backer", la sección de empalme final es la "Mesa de secado" constituida por planchas metálicas calentadas desde su interior con vapor de agua para secarle el adhesivo aplicado a la tira de cartón; la última sección es la "Mesa de refrescado" donde también está constituida por planchas pero sin aplicación de calor con el fin de enfriar la tira continua de cartón que pasa por ella.

Esta tira de cartón conserva el ancho original de los rollos y está preparada para ser cortada y marcada simultáneamente en toda su longitud; este proceso se realiza en la máquina cortadora-marcadora conocida como "Triplex", la cual consta de los pares de cuchillas circulares así como de los pares de cabezales marcadores necesarios para realizar cortes y marcas paralelos.

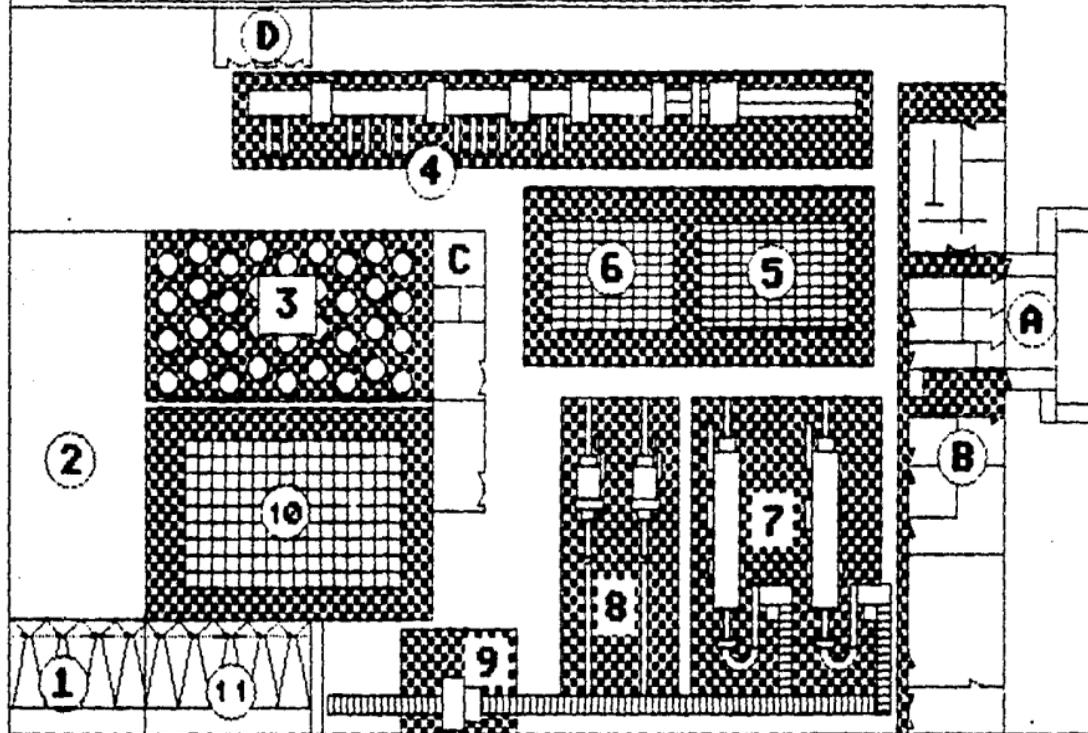
La siguiente etapa del proceso consiste en darle la longitud deseada a las hojas de cartón de acuerdo con sus dimensiones predeterminadas; procedimiento que se realiza con la máquina "Cortadora transversal" la cual posee un par de cuchillas opuestas entre sí y están dispuestas transversalmente al movimiento del cartón. El movimiento de las cuchillas es circular y sincronizado para cortar la tira de cartón.

Estas hojas de cartón obtenidas son transportadas con bandas hacia los "Stocker" donde se forman pequeñas pilas que son transportadas manualmente a las tarimas. Debido a la voluminosidad y peso de la tarima llena es necesario transportarla con montacargas hasta las siguientes máquinas para continuar el proceso.

Después de haber obtenido las hojas de cartón con sus dimensiones preliminares se procede a hacerles los cortes y marcas finales, así como la aplicación de tintas con el fin de perforar e identificar las cajas de cartón. Para estas operaciones se dispone de las máquinas "Flexográficas" para ranurado e impresión y de las "Ward" para troquelado haciéndolo con un suaje semicilíndrico. A través de la flexográfica la hoja de cartón recorre seis secciones.

La primera es un "Conveyer" de rodillo vivos accionado por un motor y una banda que conduce las tarimas hasta un elevador de las mismas. La segunda sección es el alimentador en donde se colocan manualmente pilas de cartón y donde cada hoja es jalada hacia el interior de la máquina. En la tercera y cuarta secciones se lleva a cabo la impresión con tintas de la marca del producto que contendrá la caja. La quinta sección es de ranurado y marcado con suaje semicilíndrico; pasando a la sexta sección del doblado perforando la caja mediante la unión de sus laterales con adhesivo, llegando al "Recibidor Contador" haciendo pilas con un número de cajas perforadas conduciéndolas por el transportador principal hasta las máquinas flejadoras. Finalmente habiendo formado las tarimas de flejado, estas son conducidas a la bodega de producto terminado.

**EMPRESA DE CORRUGADO S.A.**  
**LAYOUT DE LA PLANTA.**



**LAYOUT DE LA PLANTA:**

- 1) Area de descarga de los rollos de papel.
  - 2) Acceso al almacén de rollos.
  - 3) Almacén de rollos.
  - 4) Sección de corrugado.
  - 5) Almacén de cartón precortado para alimentar a la sección 7
  - 6) Almacén de cartón precortado para alimentar a la sección 8
  - 7) Sección de entintado, troquelado y preformado.
  - 8) Sección de troquelado y preformado.
  - 9) Sección de flejado.
  - 10) Sección de producto terminado.
  - 11) Area de embarque.
- A) Area de acceso del personal administrativo y obrero.
- B) Oficinas.
- C) Departamento de mantenimiento.
- D) Area de calderas y producción del adhesivo.

## II. CONCEPTOS SOBRE MANTENIMIENTO.

El mantenimiento es aquella actividad humana que utiliza insumos y herramientas para conservar en óptimas condiciones de servicio a todo tipo de instalaciones: mecánicas, eléctricas, neumáticas, hidráulicas, etc.

Es importante observar que son los servicios los que se mantienen, mientras las instalaciones son las que se conservan para que puedan funcionar adecuadamente.

Como se ha hecho notar existe una relación muy estrecha entre los términos: instalaciones, necesidad de servicio y mantenimiento, por lo que se pretende darle a este último la orientación más adecuada para lograr que sea más económico.

El costo inicial de una instalación nueva es alto en comparación con los costos de mantenimiento que se le proporcionan; pero conforme aumenta su antigüedad, de igual manera aumentan sus costos de mantenimiento. Esto se debe al desgaste natural de sus partes continuando así hasta el momento en que dichos gastos lleguen a ser considerablemente prohibitivos y ameriten el cambio total o parcial de la instalación.

Durante su ciclo de vida una instalación puede presentar fallas por cualquiera de las siguientes causas o por combinación de las mismas:

- ~ Fallas naturales prematuras.
- ~ Fallas provocadas por el medio ambiente.
- ~ Fallas provocadas por su manejo inadecuado.

Las fallas naturales prematuras consideran la intervención directa de la calidad de su diseño funcional así como de sus elementos de fabricación.

En las fallas provocadas por el medio ambiente se manejan los parámetros físicos como humedad, temperatura, etc., que junto con las condiciones de limpieza pueden estar fuera de especificaciones.

El tercer tipo de fallas contempla la participación directa del operador y del personal de mantenimiento, de quienes se requieren los conocimientos mínimos necesarios para manejar eficientemente las instalaciones.

Debido a la necesidad de conservar en buen estado las instalaciones para que puedan proporcionar un excelente servicio, debe de haber una coordinación apropiada de procedimientos entre aquellos departamentos involucrados para darle el correcto mantenimiento a la instalación. Para esto es posible acordar "paros" de funcionamiento (parcial o total) de la instalación conforme a un plan de mantenimiento bien establecido, tomando las medidas necesarias para que en un momento posterior se recuperen las pérdidas ocasionadas.

También llega a suceder que dichas pérdidas son altas e irremediables afectando otros departamentos cuando suceden fallas repentinas; en cuyo caso las acciones de mantenimiento serán inmediatas de acuerdo a la gravedad del problema.

Por lo anterior, se deduce que el mantenimiento puede tomar acciones premeditadas o acciones inmediatas a la falla. Para una mejor ilustración de estos casos se tiene la siguiente

clasificación general de mantenimiento:

| MANTENIMIENTO | CONOCIMIENTO REQUERIDO | MEDIO DE REGISTRO | ACCIONES       |
|---------------|------------------------|-------------------|----------------|
| Preventivo    | Ligero                 | Programas         | Visitas        |
|               | Profundo               |                   | Inspecciones   |
|               |                        |                   | Pruebas        |
|               |                        |                   | Rutinas        |
|               |                        |                   | Reconstrucción |
| Correctivo    | Ligero                 | Reportes          | Atención       |
|               | Profundo               |                   | Inmediata      |

La calidad del servicio es el criterio con el cual se distinguen los dos tipos de mantenimiento refiriéndose principalmente al rango dentro del cual se encuentra el mantenimiento preventivo. Si la calidad del servicio llega a ubicarse por debajo del límite inferior, el mantenimiento tendrá que clasificarse como correctivo y actuar en la reparación lo más rápido posible.

Como se anotó en la clasificación del mantenimiento, ambos, preventivo y correctivo requieren de personal con conocimientos tanto ligeros para actuar en las fallas menores como de conocimientos más especializados en el caso de las reparaciones más sofisticadas.

"El mantenimiento correctivo es la actividad humana desarrollada en las instalaciones cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad del servicio para la que fueron diseñadas".

"El mantenimiento preventivo es la actividad humana desarrollada en las instalaciones con el fin de asegurar que el servicio que proporcionan permanezca dentro de los límites establecidos".

Mientras el mantenimiento correctivo se establece mediante reportes de servicio para su atención inmediata, el preventivo se basa en visitas, inspecciones, pruebas, rutinas y reconstrucciones, todas ellas programadas con una frecuencia que puede ser mensual, trimestral, etc., dependiendo de la política de actividades que tenga la empresa.

Del mantenimiento preventivo es posible obtener otra clasificación en base a las condiciones de funcionamiento del equipo o instalaciones como se muestra en el siguiente cuadro, además de indicar los requisitos que cada tipo de mantenimiento debe cumplir:

| TIPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | CARACTERISTICAS   | REQUISITOS PARA SU APLICACION  |
|----------------------------------|---|--|
| PREDICTIVO                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Diagnóstico permanente (automático)</li> <li>*Trabajos efectuados sólo si se requieren</li> <li>*Económico y altamente confiable</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Disponer de equipo automático de diagnóstico</li> <li>*Necesitar alta confiabilidad y seguridad de operación</li> </ul>  |
| PERIODICO                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Periodicidad de rutina establecida por horas trabajadas</li> <li>*Cambio de partes por culminar su vida útil o por estar fuera de especificaciones</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Disponer de una duplicidad de instalaciones o de tiempo suficiente para no afectar su servicio</li> <li>*Necesidad de alta confiabilidad</li> </ul>  |
| ANALITICO                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Diagnóstico permanente (manu)</li> <li>*Cambio de partes por culminar su vida útil o por estar fuera de especificaciones</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Disponer de sensores y personal para tomar lecturas y realizar su análisis</li> <li>*Disponer de una duplicidad de instalaciones o de tiempo suficiente para no afectar su servicio</li> <li>*Necesitar mediana confiabilidad</li> <li>*Contar con estadísticas suficientes para hacer análisis seguros</li> </ul> |
| PROGRESIVO                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Periodicidad establecida por oportunidad de tiempo ocioso</li> <li>*Cambio de partes por estar fuera de especificaciones</li> <li>*Económico pero poco confiable</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Disponer de períodos cortos de tiempo ocioso</li> <li>*Necesitar poca confiabilidad</li> <li>*Contar con historial de fallas y recomendaciones del fabricante para fijar las fechas aproximadas de atención</li> </ul>   |
| SINTOMATICO                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Atención a las instalaciones debido a la presencia de fallas considerablemente perceptibles</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Existencia perceptible de fallas en las instalaciones</li> </ul>   |
| POR CONFIABILIDAD                | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Labores de mantenimiento frecuentes y estables en las instalaciones</li> <li>*Realizar dichas labores sean o no necesarias</li> <li>*Es muy confiable aunque en ocasiones no muy económico</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Elaborar un programa detallado y específico para revisar las instalaciones</li> </ul>  |
| GRUPO                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Realizar acciones simultáneas de mantenimiento preventivo y correctivo</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Disponer de equipo convencional y automático de diagnóstico así como de herramientas y repuestos para la reparación</li> </ul>   |

Para todos y cada uno de los tipos de mantenimiento preventivo clasificados se considera implícita la disponibilidad de la mano de obra calificada necesaria en los diferentes niveles de especialización y áreas de trabajo.

Además de los tipos de mantenimiento preventivo clasificados se tiene otro tipo designado como "Mantenimiento preventivo dirigido" distinguido de los anteriores por su importancia y aceptación; para llevarlo a cabo debe conocerse de antemano:

~Que parte de la instalación será intervenida.

~Que tipo de trabajos se le harán.

~Cuándo se deben realizar.

~Que personal lo debe hacer.

~Que refacciones o herramientas se utilizarán.

~Cuál será la secuencia de trabajos.

En la clasificación general se considera que el mantenimiento preventivo se lleva a cabo mediante los siguientes programas:

~Programas de visitas.

~Programas de inspecciones, pruebas y rutinas.

~Programas de reconstrucción.

Para el programa de visitas se debe crear una lista de aquellas instalaciones a las que debe acudir el personal de mantenimiento. Y realizar sus labores de acuerdo con las indicaciones del fabricante y con los criterios desarrollados por los técnicos especializados.

Las visitas pueden hacerse con una frecuencia mensual o anual dependiendo de la política que para tal efecto haya

formulado la empresa, concretamente, la junta de planeación de mantenimiento. Dichas visitas deben realizarse a los siguientes:

- ~Sistemas de producción.
- ~Sistemas de seguridad.
- ~Sistemas de transporte.
- ~Edificios.

Al preparar un buen programa de visitas junto con el establecimiento de diagnósticos adecuados se logra conducir al personal de mantenimiento para que realice inspecciones eficientes, pruebas con resultados verídicos y rutinas bien realizadas. Para ello debe considerar su realización sin afectar en lo más mínimo el avance de la producción o del servicio.

Los programas de inspecciones, pruebas y rutinas tienen por objetivo permitirle al personal de mantenimiento una interacción más frecuente y metódica con las instalaciones para diagnosticar su buen funcionamiento. La revisión es diaria, semanal o mensual conforme lo requiera aquella parte involucrada de la instalación.

En algunos casos las pruebas deben realizarse conforme a un método el cual es escrito como una guía de mantenimiento para facilitar el chequeo de las condiciones de trabajo.

Estos programas deben ser analizados detalladamente cada año para actualizar las jerarquías de importancia en la inspección, pruebas y rutinas en el equipo para que continúe proporcionando el servicio lo más económicamente posible.

Los programas de reconstrucción son generados a partir del análisis de la frecuencia de las fallas, en un sitio definido de la instalación; indicándonos con esto su mal funcionamiento por

desgaste, siendo necesario girar la orden de reconstrucción tomando en cuenta la gravedad del desperfecto como parámetro indicador para actuar en el momento oportuno previniendo el personal, material y herramientas necesarias. A este respecto debe señalarse la importancia de no descuidar o perturbar las labores de inspección, pruebas y rutinas conservando en estas tareas a su personal asignado.

Para realizar la orden de reconstrucción deben prepararse los siguientes datos:

- ~Motivo por el cual se realiza el trabajo.
- ~Fecha apropiada para realizarlo sin provocar conflictos inter-departamentales.
- ~Explicar en que consiste dicho trabajo.
- ~Quienes deben realizarlo.
- ~Anexar lista de materiales y repuestos necesarios.
- ~Anexar información precisa mediante dibujos y croquis explicativos.
- ~Proporcionar por escrito la secuencia metódica del trabajo a realizar.

### III. CONSERVACION DEL EQUIPO.

La conservación del equipo es el resultado de mantener en óptimas condiciones a las instalaciones, reflejándose en la continuidad de producción al haber los mínimos paros de las mismas.

Los aspectos importantes a tomar en cuenta para conservar el equipo son:

- Aspectos generales.

- ~ Limpieza y orden de las instalaciones.

- ~ Correcto funcionamiento:

- + Del sistema hidráulico.

- + Del sistema eléctrico.

- + Del sistema neumático.

- + De las calderas y del sistema de conducción del vapor.

- + Sistemas de lubricación.

- Aspectos particulares de corrugado. (Ver el dibujo del Proceso de Corrugado)

- ~ Adecuado y eficiente suministro de vapor.

- ~ Adecuado suministro de energía eléctrica.

- ~ Adecuada conducción de adhesivo.

- ~ Correcto funcionamiento de:

- + Montacargas

- + Montarrollos

- + Empalmadores

- + Precalentadores

- + Preacondicionadores

- + La máquina corrugadora

- + Sistemas de conducción del "Single Face"
- + Del "Double Backer"
- + De la mesa de secado
- + De la mesa de refrescado
- + De la cortadora-marcadora "Triplex"
- + De la máquina cortadora transversal
- + De las mesas de transporte y recibidores de cartón.

Cada uno de los aspectos mencionados posee una gran importancia cuyo funcionamiento adecuado es vital en el proceso de elaboración del cartón. Se han enmarcado de acuerdo a prioridades y secuencia del proceso.

Al iniciar las actividades de producción es de elemental importancia laborar en un ambiente ordenado, seguro y limpio; para ello se dispone de:

Artículos y sistemas de seguridad:

- Del personal
  - + Ropa de trabajo
  - + Botas de seguridad
  - + Tapones auditivos
  - + Guantes
  - + Monogoggles
  - + Caretas
  - + Lentes de seguridad
  - + Chamarras térmicas

• De las instalaciones

- + Sistema contra incendios
  - Extintores
  - Red hidráulica
  - Botas, casco y ropa del personal capacitado.
- + Sistema de alarmas
- + Sistemas eléctricos para controlar automáticamente las emergencias.
- + Salidas de emergencia para evacuar al personal.

Al mencionar el orden y limpieza queda intrínseca la consideración de poseer los espacios físicos adecuados tanto para las instalaciones propias de la producción como para aquellas instalaciones o equipo auxiliar.

De igual manera se refiere a la frecuencia de la limpieza que el personal indicado lleva a cabo en las instalaciones.

Como en toda industria dedicada a la producción de bienes, ésta que se dedica a producir cartón, tiene a la electricidad, al agua y al aire como suministros principales los cuales son utilizados para el proceso principal o para auxiliares del mismo.

Por lo que en términos generales se les tiene un especial cuidado de conservación.

Dada la complejidad en el arreglo de las redes de distribución tanto del sistema eléctrico, del hidráulico como del neumático, la revisión genérica se lleva a cabo tomando en cuenta los siguientes elementos:

• Del sistema eléctrico

- + Adecuado suministro de la energía eléctrica municipal.
- + Buen funcionamiento de la planta generadora de emergencia.
- + Tableros de control en buen estado tanto de la subestación como de la máquina.
- + Líneas de distribución interna en buen estado.
- + Calibración adecuada de los instrumentos de medición.

• Del sistema hidráulico

- + Reserva suficiente de agua en la cisterna.
- + Revisión del buen estado de la red de distribución.
- + Adecuado suministro de las calderas.
- + Correcto y total desalojo de condensados en aquellos equipos que utilizan vapor.
- + Buena conservación de las líneas de conducción de vapor y de sus aislamientos.
- + Chequeo del buen estado de los instrumentos de medición de presión y temperatura de las líneas de vapor.
- + En general, correcto funcionamiento del drenaje interno.

• Del sistema neumático

- + Revisión del buen funcionamiento del compresor neumático.
- + Revisión del buen estado de las líneas de distribución.
- + Chequeo del adecuado suministro a los diferentes equipos, revisión y mantenimiento.

Dentro de los aspectos particulares del corrugado tenemos en primer lugar el suministro adecuado de vapor y aire; esto obedece al hecho de que para iniciar el proceso de corrugado deben tenerse preparados todos aquellos equipos que trabajan con

temperaturas, que van desde 315 a 360°F como mínimo en su superficie, con una presión de vapor en su interior de 175 psi.

Los equipos indicados son:

- Rodillos corrugadores
  - + Inferior
  - + Superior
- Rodillo de presión
- Rodillos precalentadores
  - + Liner
  - + Single facer
- Rodillos preacondicionadores
- Mesa de secado

No se puede menospreciar a ninguno de los equipos indicados ya que cada uno cumple su función específica de diseño; es decir, los rodillos corrugadores inferior y superior forman las ondulaciones del papel medium; tomando en cuenta a un sólo single facer, el rodillo de presión realiza la unión del medium corrugado y del liner mediante la continua y permanente aplicación de presión; los rodillos precalentadores cubren la función de darle una humedad uniforme al liner para prevenir los siguientes inconvenientes: primero, lograr que haya un empalme uniforme omitiendo franjas despegadas; segundo, evitar en lo posible el combado o torcedura de las placas de cartón por efectos de tensión térmica durante el secado cuyas consecuencias se reflejan en el momento de tratar de introducir las máquinas "Ward" y "Flexográficas" para imprimir y troquelarlas. Esta misma indicación se sigue para el empalme single face

formado y el segundo liner para obtener un cartón corrugado sencillo en la mesa de secado. Cuando se forma un cartón de doble corrugado se precalientan dos empalmes single face al igual que el tercer liner.

El rodillo preacondicionador tiene la función de uniformizar la humedad existente a lo ancho del medium con el desplazamiento que tiene éste en un contacto parcial sobre la superficie del rodillo. Después de su deslizamiento, el medium recibe un baño de vapor con dos propósitos: uno, adquirir una mayor humedad y poder conformarse en ondulaciones al pasar entre el engrane formado por los rodillos corrugadores; y dos, permitir una mayor facilidad de penetración del adhesivo.

La mesa de secado también es alimentada con vapor. Está formada por planchas metálicas en las que por su interior circula el vapor que les transmite el calor. Su objetivo es el de secar las secciones húmedas del cartón ya que el adhesivo se encuentra aún en estado gelatinoso al salir del double backer.

Otro aspecto particular e importante es el que involucra el suficiente abasto de energía eléctrica. Es natural que para que pueda existir actividad en todos los elementos electromecánicos es imprescindible que cada uno tenga una alimentación eléctrica; como es el caso de los diferentes motores de A.C. y D.C., para activar parte del sistema neumático en el proceso y para todo tipo de transmisiones mecánicas. Es innegable la utilización de la misma con fines de iluminación.

La oportuna conducción del adhesivo hacia los lugares ensamble donde se precisa, es importante, para no interferir negativamente en el proceso, por ello es el que se procura que la tubería carezca de obstrucciones que limiten su flujo y que éste permanezca en continuo movimiento. La manera de lograr esto es teniendo cuidado que no caigan objetos extraños de tamaño considerable al tanque o recipientes del adhesivo, y seleccionando adecuadamente aquellas bombas que la hagan recircular.

Tomando en consideración aspectos aún más específicos de corrugado como es el caso de los montacargas, estos tienen un funcionamiento mecánico accionado por energía eléctrica con la potencia necesaria para transportar rollos de papel de 1,100 kg de peso en promedio desde la bodega de rollos hasta los rieles de los montarrollos distribuidos en la primera mitad de la máquina corrugadora. En términos generales los aspectos más importantes a considerar en este equipo son:

- ~Baterías eléctricas en su óptimo nivel de voltaje.
- ~Buen funcionamiento del sistema electromecánico que acciona el sistema hidráulico.
- ~Buen funcionamiento del sistema hidráulico.
- ~Chequeo del buen estado de las articulaciones mecánicas principales así como de las llantas, ya que están expuestas al mayor desgaste por el frecuente uso.

Dada su similitud, en el caso de los montarrollos es posible considerar los mismos aspectos anteriores a excepción del suministro de energía eléctrica que en este caso es tomada del

suministro general de la planta.

Los empalmadores realizan el empalme de la punta de un rollo nuevo con el extremo final del rollo por acabarse para continuar el proceso sin interrupción hasta culminar el pedido del cartón con esas características.

Están accionados por sistemas neumáticos por lo que es preciso tener en cuenta:

- ~El control de la presión del aire en el motocompresor.
- ~Chequeo de la adecuada instalación de las mangueras y accesorios de control neumático ya que algunos de ellos se mueven con una parte de la máquina.
- ~Buen filtrado del aire.
- ~Ausencia de obstrucciones para el fácil movimiento de las transmisiones mecánicas (rieles, catarinas, cadenas, etc.)

Con respecto a los precalentadores ya se hizo mención de su importancia, la cual consiste en darle uniformidad a la cantidad de humedad que debe contener en todo su ancho ya sea el papel liner o el empalme single face mediante un tambor metálico caliente sobre el que deslizan. Las condiciones de funcionamiento a cuidar son:

- ~Adecuado suministro de vapor en calidad y cantidad.
- ~Oportuno desalojo del condensado.
- ~Movimiento preciso de su brazo para envolver en mayor o menor proporción al tambor metálico con el liner o el single face.

Acerca de los preacondicionadores también ya se hizo referencia; su objetivo, es el de uniformizar la cantidad de

humedad existente en todo lo ancho del medium en un contacto parcial sobre su superficie. Por lo cual es necesario cuidar los siguientes aspectos:

~Adecuado suministro de vapor en calidad y cantidad.

~Oportuno desalojo del condensado.

La máquina corrugadora realiza la función medular de corrugado, para llevarla a cabo utiliza los siguientes rodillos más importantes:

~Dos precalentadores de liner.

~Un rodillo de presión.

~Dos alimentadores de medium (preacondicionadores).

~Dos rodillos fijos para darle una ducha de vapor al medium, superior e inferior.

~Un rodillo aplicador de adhesivo (doctor).

~Dos rodillos corrugadores, superior e inferior estriados en su longitud, presentando de perfil ondulaciones; los cuales engranan perfectamente uno en el otro durante su funcionamiento.

~Un rodillo loco de ensartado.

Todos los rodillos mencionados excepto el medidor de adhesivo y el loco de ensartado tienen una alimentación interna de vapor para conservarlos a una temperatura considerablemente alta de operación. El análisis de sus características se hará más adelante a excepción de aquellos a los que ya de algun manera se ha hecho referencia; tal es el caso de los preacondicionadores y precalentadores.

Otros aditamentos de que consta la máquina corrugadora son:

Los dedos apoyados firmemente entre los rodillos: corrugador superior y aplicador de adhesivo, los cuales evitan el desprendimiento del medium después de haber sido corrugado y lo mantienen adherido al contorno interno del rodillo corrugador inferior.

Mecanismos con efecto de palanca para mover a voluntad los rodillos corrugadores inferior y de presión basados en sistemas neumáticos.

Charola de adhesivo.

Puntas limpiadoras del rodillo aplicador de adhesivo.

Comenzando con el análisis de las características del rodillo de presión, debe considerarse el invariable paralelismo que debe existir con el rodillo corrugador inferior para lograr una presión uniforme de empalme. Debe, además, poseer en su interior un eficiente sistema de evacuación de condensado para no interferir con su temperatura óptima de operación. Esto se logra con la junta rotativa, la cual es un dispositivo conocido como "Johnson"; el cual cumple las funciones simultáneas tanto para alimentar vapor, como para evacuar el condensado. Es conveniente hacer la observación de que todo aquel rodillo que en su interior maneje vapor obligadamente debe poseer un Johnson.

Por otro lado, los rodillos fijos que le aplican una ducha de vapor a ambos lados del medium poseen en toda su longitud orificios igualmente espaciados, los cuales no deben estar obstruidos ya que debe lograrse una aplicación uniforme de humedad.

El rodillo aplicador de adhesivo debe, también, guardar un perfecto paralelismo para tener un contacto uniforme con el rodillo corrugador inferior y así aplicarle al medium corrugado la cantidad de adhesivo permitida por el rodillo doctor para que empalme bien con el liner. En este caso también se hace extensiva la utilización de un Johnson.

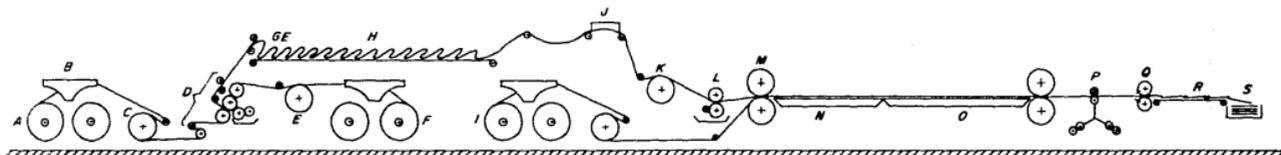
El rodillo medidor de adhesivo le permite un espesor determinado de adhesivo al rodillo aplicador, pudiendo ajustarlo manualmente de acuerdo a las necesidades de aplicación para tener una película más gruesa o más delgada según sea el caso.

Los rodillos corrugadores realizan el corrugado del medium, siendo el inferior el que recibe la fuerza del movimiento del engranaje formado por ambos. También el inferior sirve de apoyo para la aplicación de adhesivo al medium y para el empalme con el liner. De manera similar a los casos anteriores entre los rodillos de presión y de adhesivo, entre los rodillos corrugadores debe existir un paralelismo indiscutible tomando en cuenta su separación para que al pasar entre ellos, el medium adquiera la geometría ondulada. De los dos rodillos corrugadores, el superior es el que en un momento dado puede darle un mayor o menor espacio entre ellos; siendo accionado por un sistema neumático. El sistema electromecánico que engrana a los diferentes rodillos, está formado por un motor de inducción trifásico de 40 hp y 1750 RPM acoplado a un reductor de velocidad el cual aplica la sincronización de movimientos a todos y cada uno de los rodillos.

Es natural que por su continua fricción con el papel y dada la distribución de esfuerzos de compresión que sobre él se presentan a lo largo de los rodillos corrugadores, éstos se desgastan más frecuentemente en la región central de su longitud. Es por ello que debe cuidarse la calibración de la separación de los rodillos en los instantes previos al inicio de las actividades para evitar desgastes prematuros. Esta operación se lleva a cabo con el chequeo de la igualdad de lecturas de presión en ambos extremos tanto del rodillo de presión como del corrugador superior después de haber introducido entre ellos y el corrugador inferior al liner y al medium. Regularmente las lecturas de presión entre los rodillos corrugador y de presión son diferentes.

El rodillo loco de ensartado inicia el transporte del ensamble single face hacia el puente superior. Este rodillo permite el desalojo del empalme desde los rodillos corrugadores en una posición tangencial de salida para omitir los riesgos de que el cartón se atore, jalándolo con un par de bandas transportadoras opuestas e inclinadas. El aspecto más importante en esta parte de la máquina es únicamente el de tener cuidado de la tensión que sobre el empalme ejercen las bandas para no deformar sus ondulaciones.

PROCESO DE CORRUBADO



A Rodillo de papel "Liner"

B Empalmador

C Precalentador

D Sección de corrugada y empalme "Single Face"

E Preacondicionador

F Rodillo de papel "Medium"

GE Empalme Single Face

H Puente transportador superior

I Rodillo de papel "Liner"

J Cámara de succión

K Preacondicionador

L Engomador

M Double batcher

N Mesa de secado

O Mesa de refrescado

P Cuchillas circulares "Triplex"

Q Cuchillas transversales

R Banda transportadora

S Recibidor

#### IV. OPTIMIZACION DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO.

El marco de referencia general en base al cual se desarrolla este capítulo establece principalmente tres bloques interdependientes con jerarquía piramidal, que engloban las actividades de mantenimiento.

A nivel administrativo el gerente de mantenimiento, además de sus actividades propiamente administrativas, en el primer bloque analiza y determina la política de procedimientos a seguir para cumplir con los objetivos de la empresa. En el segundo bloque también participa el gerente planteando la necesidad de poseer estrategias de mantenimiento para responder efectivamente al aumento o disminución en la demanda de producción. El tercer bloque es propio tanto del personal de producción como del personal obrero a quienes el gerente les asigna los métodos y técnicas adecuados para la mejor realización de su trabajo.

Por lo tanto, la optimización del trabajo de mantenimiento se hace extensivo a todos los niveles jerárquicos de este departamento. Dicha optimización se enfoca desde el punto de vista administrativo y técnico.

Dentro del primer bloque referente a la política de procedimientos e ideales generales de este departamento se presentan los siguientes, los cuales pueden ser mejorados y aumentados para darle al departamento una mayor flexibilidad, versatilidad y eficiencia.

~Conservar la calidad del producto que el cliente requiera.

~Sostener los costos mínimos necesarios de mantenimiento.

- ~Propiciar el aumento en el volumen de producción con una mayor cantidad de tiempo productivo.
- ~Proporcionar el apoyo adecuado al departamento de producción en el momento requerido y en las circunstancias que se presenten.
- ~Observar y actuar sobre la mejor y más fácil manera de intervenir técnicamente en las instalaciones.
- ~Dictar en que momento es oportuna la participación de alguna estrategia.
- ~Contemplar el mejor control de las variables de producción a mantener mediante sistemas automáticos gobernados a través de un computador.
- ~Conservar estable el ritmo de atención y supervisión del equipo durante los periodos programados de mantenimiento; es decir, equilibrar la carga de trabajo.

Dentro del segundo bloque existen principalmente cinco elementos importantes que pueden ser usados para formular estrategias de mantenimiento:

- ~Mantenimiento correctivo.
- ~Mantenimiento preventivo programado regularmente.
- ~Inspección.
- ~Equipo de apoyo para producción.
- ~Equipo rediseñado.

Estos elementos forman una base desde la que puede ser establecida una mezcla de alternativas que puede variar de instalación a instalación dependiendo de: los objetivos de mantenimiento, la naturaleza del equipo o instalación a atender y

el ambiente de trabajo en el que tengan lugar las operaciones. Por lo que su optimización corresponde a la oportuna participación de aquellos elementos que sean necesarios de acuerdo a los requerimientos. Por ejemplo, cuando aumenta la demanda de producción, existe la necesidad de darle al equipo productivo una mayor atención sin descuidar los programas de mantenimiento preventivo, el cual conserva su mano de obra indispensable, herramienta e insumos; a la vez, por la misma causa, aumenta la frecuencia de las inspecciones en aquel equipo de mayor prioridad para reportar a mantenimiento preventivo o correctivo sobre su estado de operación; así mismo, si la capacidad normal de operación no es suficiente puede optarse por maquilar en otra planta con equipo similar por lo que aumenta la cantidad de recursos humanos y técnicos a administrar en cuanto a mantenimiento se refiere. El equipo rediseñado es el último elemento importante para formular la estrategia que participaría en el ejemplo reduciendo el tiempo de producción y aumentando la calidad del producto después de que el departamento de mantenimiento haya analizado y aliviado los desperfectos que en el equipo provocaban fallas críticas.

La optimización en el tercer bloque se logra entrenando a los supervisores de mantenimiento con el fin de mejorar la eficiencia de sus actividades e instruyendo con el mismo fin, al personal obrero sobre la aplicación de los métodos y sus técnicas de mejor adecuación a su trabajo. Esta optimización es fundamentada en los estudios de rendimiento que en sus diferentes niveles presenta el personal.

Es indudable que la optimización del trabajo de mantenimiento obedezca a una justificación económica la cual es fundamental para la subsistencia de la empresa. Para apoyar al primer bloque en términos de costos se dispone del modelo económico DuPont con el que es posible determinar directamente el efecto que producen todas aquellas actividades características de la empresa tales como: transacciones comerciales, todo tipo de costos y activos para finalmente obtener las ganancias por la utilización del capital de trabajo. (Fig.A)

Por ejemplo, el efecto directo se visualiza en la mayor cantidad de ventas realizadas, después de haberle dado al producto la calidad de fabricación que el cliente desea; así como su oportuna entrega dentro del periodo acordado. Esto provoca que la relación de ganancias por ventas aumante. Además, los activos corrientes mantienen un equilibrio dado que los inventarios de producto terminado disminuyen, la demanda aumenta lo mismo que los activos líquidos (movimientos monetarios). Puede darse el caso de mejorar la maquinaria de producción por lo que aumentan los activos fijos dando un aumento global en el capital de trabajo. Y finalmente, si la relación de ventas por capital de trabajo aumenta necesariamente las ganancias sobre el capital de trabajo también aumentan.

Desde luego, la medición del rendimiento en el trabajo de mantenimiento es laboriosa, pero se facilita enmarcándola desde el punto de vista de la ingeniería de sistemas. A través de la que se esquematiza el rendimiento operacional de la empresa; el cual está fundamentado tanto en la disponibilidad del equipo para

producir como el rendimiento de producción. El primero se esquematiza en la Fig.B con su análisis de costos y el segundo en la Fig.C; ahí mismo se indican las formas de calcular el rendimiento por disponibilidad y el rendimiento de producción.

Aún más, en la Fig.C se visualiza la participación directa del departamento de mantenimiento ya que se tendrá un mayor volumen de producción al disponer de más horas productivas en las que se involucra la participación de tiempos de paro programado, paro no programado y de puesta en marcha de la maquinaria.

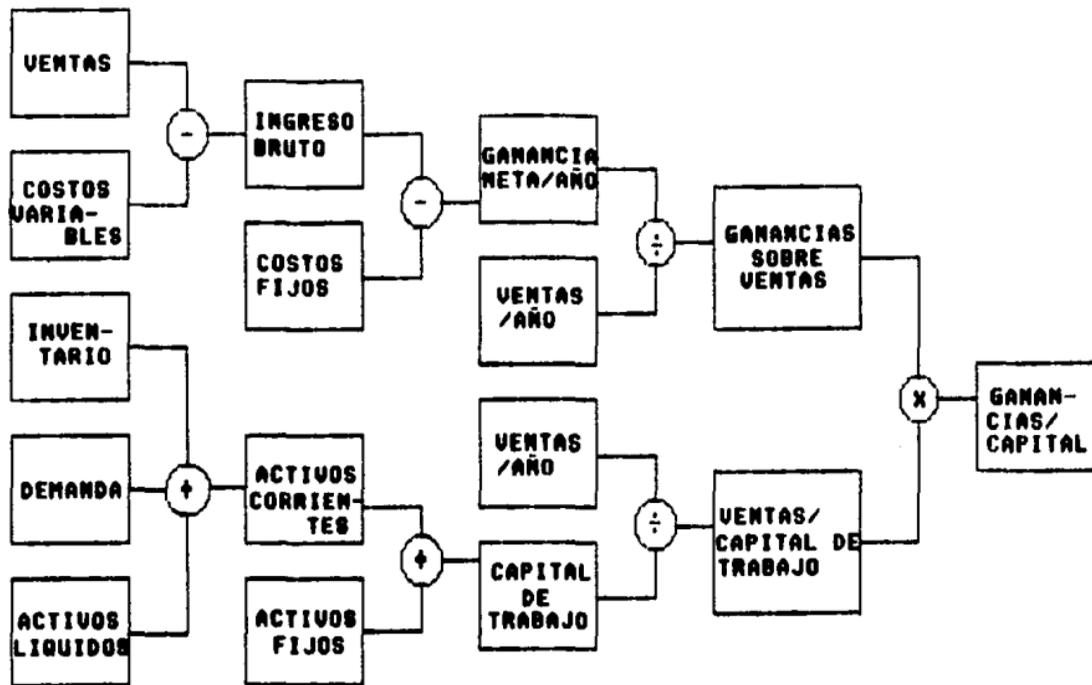


Fig. A. Modelo economico DuPont.

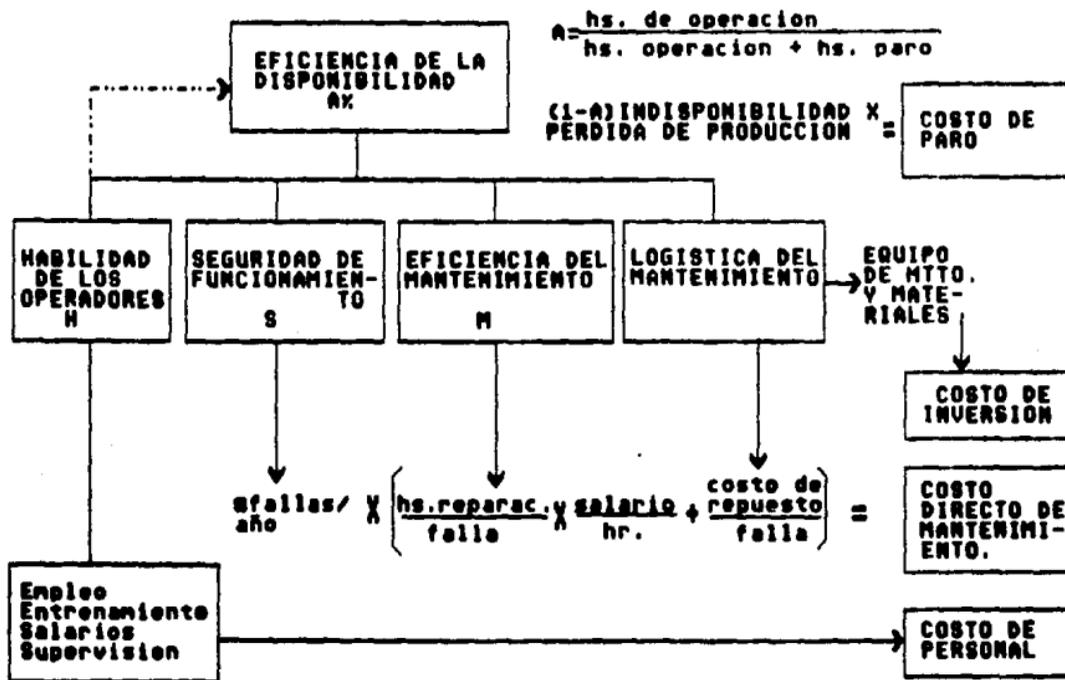


Fig. B. El mantenimiento en terminos de costo.

$$E_t = \frac{\text{Volumen actual de producción}}{\text{Capacidad de producción del equipo(ideal)}}$$

( Horas utiles de maquina )

Tiempo disponible:  
-para planeado  
-para no planeado

= Tiempo de funcionamiento/año  
menos tiempo de puesta en marcha.

= Horas productivas/año.

(Ton/Unidad de transporte) X Velocidad-rechazos.

= Volumen de producción/año.

( Eficiencia tecnica/hr )

Precio de mercado-Costos variables (costos de operacion, costos de mtto. materiales, salarios, etc.)

= Ingreso bruto/Unidad producida

Volumen de producción/año.

Ingreso bruto total/año.

Fig.C . La parte de ingresos del modelo economico Du Pont.

Haciendo un análisis más detallado de la Fig.B. se observan aquellas variables factibles de mejorar; concretamente, en la habilidad de los operadores, en la eficiencia del mantenimiento y en la logística del mantenimiento.

Para manejar esas variables se presentan los siguientes métodos cuya intención es la de mejorar su participación en el proceso productivo. En ellos se hace visible la estrecha relación que existe entre los tres bloques establecidos en un principio.

Para mejorar la primer variable el gerente de mantenimiento debe partir de la cuantificación del personal necesario para realizar el mantenimiento utilizando la técnica M-1; para después establecer el grado de entrenamiento requerido para cada uno con la técnica M-2. La primera técnica le brindará la cantidad óptima de trabajadores de mantenimiento preventivo y correctivo necesarios para atender oportunamente al equipo, mientras que la segunda le permitirá darle al personal de mantenimiento obrero y supervisor el entrenamiento necesario de acuerdo con sus funciones.

En cuanto a la eficiencia del mantenimiento, el parámetro: tiempo de reparación por falla, puede ser disminuido al atender completa y oportunamente el mantenimiento preventivo para cada equipo respetando el máximo tiempo previsto para realizar una inspección o para aliviar algún desperfecto. De aquí surge la necesidad de tener computarizado un archivo de datos en el que se estipule un tiempo estandar máximo por actividad cuya finalidad es la de apoyar al gerente de mantenimiento en la programación de actividades a realizar en el equipo.

La logística de mantenimiento lleva intrínseca la planeación y control de las piezas de repuesto, la cual también puede ser computarizada proporcionando la información necesaria sobre los costos incurridos a causa de una reparación. Además posee también la capacidad de controlar a aquellos materiales y equipo de mantenimiento utilizados, y que son registrados como costos de inversión en este departamento. Dentro de estos costos también pueden incluirse equipos sofisticados de medición tales como vibrómetros para llevar a cabo la aplicación del mantenimiento predictivo en máquinas rotativas.

En general los costos de mantenimiento tanto por inversión, por personal como directos aumentan al atender a este análisis, pero los beneficios se reflejan en el logro de los objetivos de la empresa.

## TECNICA M-1

Esta técnica es utilizada para determinar la cantidad necesaria de personal de mantenimiento preventivo y correctivo por cada especialidad (eléctrica, mecánica, electrónica, etc.), para atender eficientemente al equipo, se basa en la concientización de como es distribuido su tiempo total disponible de un trabajador de mantenimiento; el cual se esquematiza en la Gráfica A.

En ella se describen los porcentajes parciales del tiempo total anual, asignados a cada actividad que realiza el trabajador durante su estancia activa dentro de la empresa. Se considera que el trabajador trabaja "tiempo completo" cubriendo 2,504 hs/año ya que labora 8 horas al día, seis días a la semana durante 52 semanas y un día.

De aquí, por lo tanto, la aplicación de la técnica comienza estableciendo un balance de tiempo entre las actividades tanto de PM<sup>1</sup> como de CM<sup>2</sup>; ese balance es el caso ideal estable de un departamento de mantenimiento bien administrado.

La consideración de este balance es válida proporcionando un parámetro de cantidad en base al cual se establece cuanto personal es necesario para cubrir las actividades de ambos tipos de mantenimiento, pero la tendencia realmente práctica, y por

---

<sup>1</sup>NOTA: PM : Mantenimiento Preventivo

<sup>2</sup>CM : Mantenimiento Correctivo

razones económicas, es la de mitigar las actividades de mantenimiento correctivo aumentando las de preventivo; transformando, por lo tanto, el empleo de la mano de obra del primero en actividades más metódicas del segundo.

La técnica se establece en términos generales analizando inicialmente la cantidad de tiempo utilizado en la realización efectiva del PM por la especialización de la siguiente forma:

- 1) Determine la cantidad de tiempo total anual de trabajo por especialidad del empleado ( 2.504 hs/año. 100% ).
- 2) Determine la cantidad de tiempo de PM efectivo que el empleado de la especialidad indicada en 1 dedica frente a la máquina atendiéndola. Utilice el formato de la Gráfica B.
- 3) Duplique la cantidad de tiempo calculada en 2 para prevenir el tiempo invertido por:

- Sustracción de materiales del almacén
- Transporte de los mismos
- Preparación y colocación por separado de repuestos

Con estas operaciones se ha calculado la cantidad total que debe invertirse y poder atender adecuadamente las actividades de PM.

- 4) Duplique la cantidad de tiempo obtenido en 3 para considerar el tiempo a consumir en el CM.

Así, se ha obtenido la cantidad de tiempo total de mantenimiento; y representa al 60% del tiempo total del empleado.

5) Divida la cantidad de tiempo obtenida en 4 entre 0.6 resultando la cantidad total de tiempo que engloba todas las actividades a realizar por aquella cantidad desconocida de empleados en esa especialidad. Dicha cantidad desconocida se obtiene enseguida.

6) Divida la cantidad obtenida en 5 entre el valor establecido en 1 (hr/hr).

Este último resultado representa la cantidad de empleados que son necesarios para cubrir las actividades de PM y CM. Si este valor resulta en una fracción se redondea al número entero inmediato superior.

**EJEMPLO** ilustrativo en la determinación de la cantidad de personal necesario para mantenimiento en la especialidad :  
**ELECTRICA.**

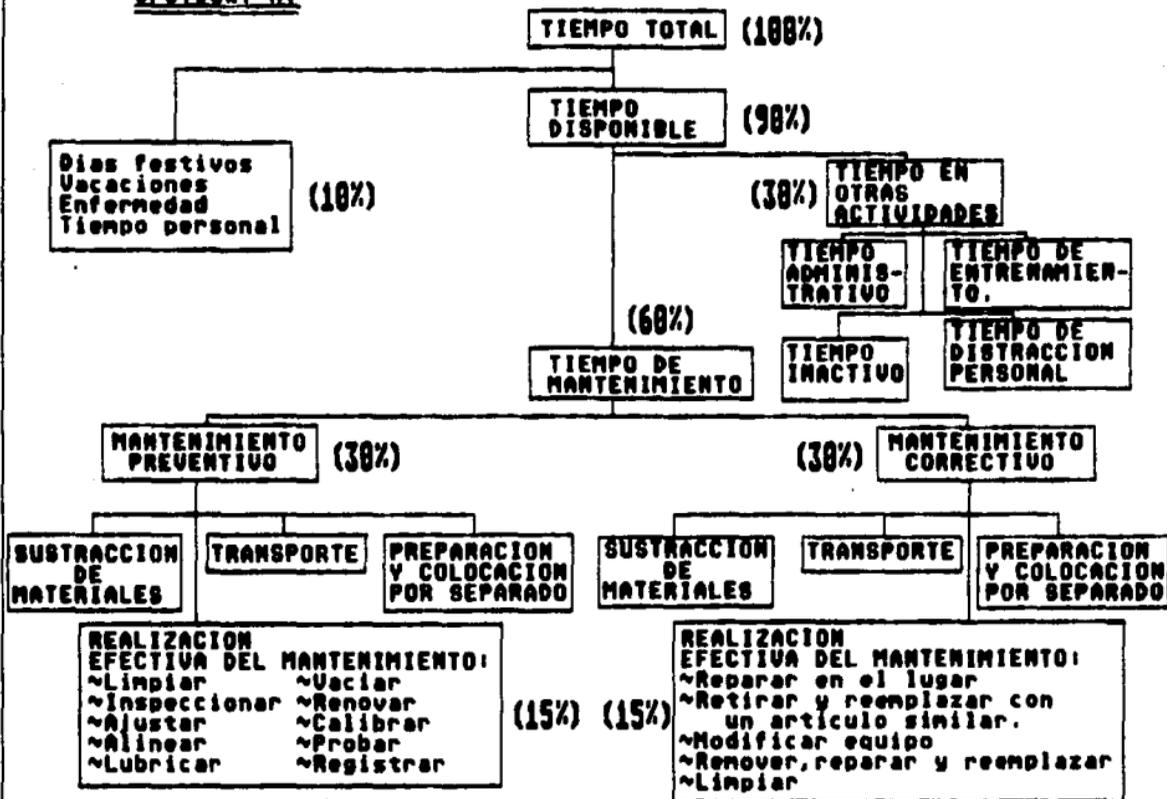
De la gráfica B:

- |  |                |
|--|----------------|
| 1) Tiempo total del empleado:              | 2,504 hs/año.  |
| 2) Tiempo efectivo total consumido en PM:  | 1,543 hs/año.  |
| 3) Tiempo de mantenimiento preventivo      |                |
| $1,543 \times 2:$                          | 3,086 hs/año.  |
| 4) Tiempo de mantenimiento eléctrico       |                |
| $3,086 \times 2:$                          | 6,172 hs/año.  |
| 5) Tiempo total necesario de mantenimiento |                |
| $6,172 / 0.6:$                             | 10,287 hs/año. |

6) Cantidad de empleados necesaria para cubrir las necesidades de atención al equipo indicado en la gráfica B.

$$10,287 / 2,504 = 4.1 \quad \mathbf{5 \text{ EMPLEADOS}}$$

Grafica. A.



| <b>TIEMPO EFECTIVO DE MANTENIMIENTO ELECTRICO</b> |   |       |       |        |       |  |                        |                   |
|---|---|-------|-------|--------|-------|--|------------------------|-------------------|
|   | Minutos efectivos para cada frecuencia de PM. |       |       |        |       | Tiempo Efectivo x Subtotal             | Cantidad de Equipo /60 | = Efectivo Total. |
|   | Senanal                                       | Mens. | Trim. | Semes. | Anual |  |                        |                   |
|   | (52)  | (12)  | (4)   | (2)    | (1)   | (min)                                  |                        | (hr)              |
| Motores electricos                                |   | 5     | 15    |        | 60    | 180                                    | 20                     | 60                |
| Paneles de distribucion de energia.               |   |       |       | 30     |       | 60                                     | 10                     | 10                |
| Paneles de distribucion, iluminacion.             |   |       |       | 30     |       | 60                                     | 10                     | 10                |
| Transformadores                                   |   |       | 60    |        |       | 240                                    | 15                     | 60                |
| Prensas de impresion.                             | 60  | 100   |       | 360    | 400   | 6480                                   | 10                     | 1080              |
| Unidades de manejo de aire.                       | 15  |       | 100   |        | 400   | 1980                                   | 6                      | 198               |
| Ventiladores de desahogo.                         | 5   |       | 30    |        | 120   | 500                                    | 15                     | 125               |
|   |   |       |       |        |       | <b>TIEMPO EFECTIVO DE PM ELECTRICO</b> | <b>=</b>               | <b>1,543 hr</b>   |

**Grafica. B. (Ejemplo ilustrativo).**

## TECNICA M-2

Esta técnica surge de la necesidad de hacer más productiva la actividad de mantenimiento reflejada en una cantidad pequeña de paros de máquina. La productividad indicada se basa en la calidad implícita del mantenimiento que resulta al aumentar la especialización del trabajador, mediante un mejor entrenamiento.

Para lograr una mejor calidad en el trabajo de mantenimiento se presenta, en esta técnica, un programa de entrenamiento; el cual es aplicable a cualquier especialidad dentro del departamento de mantenimiento y esta dirigido a todo el personal que requiera mejorar o actualizar sus conocimientos y habilidades.

### Desarrollando un programa de entrenamiento

A ) Concepto de entrenamiento: Objetivos para 2 años.

- 1) Establecer la organización administrativa de entrenamiento:

Gerente de entrenamiento = Gerente de mantenimiento

Supervisores de entrenamiento = Supervisores de atto.

- 2) Valoración de necesidades:

Necesidad de cubrir habilidades como:

- Mantenimiento preventivo
- Prueba de operación
- Calibración
- Análisis de fallas
- Desarmar y armar maquinarias
- Reparación de maquinaria
- Uso de herramienta y equipo de prueba

- 3) Dirigir un inventario de habilidades  
( Ver formato adjunto )
- 4) Determinar las deficiencias de habilidades mediante la comparación de las disponibles en inventario y las solicitadas para mantenimiento.
- 5) Análisis de los recursos disponibles para satisfacer las necesidades de entrenamiento.

Los recursos potenciales de entrenamiento incluyen:

- Los empleados de la planta:
  - ♦ Ingenieros
  - ♦ Supervisores de mantenimiento
  - ♦ Técnicos con habilidad específica
- Cursos impartidos por los fabricantes
- Cursos escolares
- Cursos de extensión universitaria
- Programas de educación para adultos
- Consultores de entrenamiento

#### B ) Plan de entrenamiento

Una vez establecidas las necesidades y recursos generales se especifican concretamente en un:

Plan de entrenamiento ( Menor a 12 meses )

- Indica:

- ♦ Quien será entrenado
- ♦ Que se enseñará
- ♦ Donde se tomará el entrenamiento

+ Como será conducido:

A través de:

- ~ Un curso de entrenamiento industrial
- ~ Seminario universitario
- ~ Etc.

- Incluye un presupuesto anual de entrenamiento detallado por mes o por trimestre.

### C) Desarrollo del curso de entrenamiento

Esta etapa se realiza en tres fases:

- Fase de análisis

- + Seleccionar aquellas tareas y habilidades del trabajo específico que el estudiante debe conocer al terminar el curso.
- + Se definen las medidas de rendimiento del trabajo para juzgar la competencia en la materia.

- Fase de diseño

- + Desarrollo de los objetivos del curso:
  - ~ Que debe conocer el estudiante
  - ~ Que debe ser capaz de hacer
- + Planear las lecciones para cada clase
- + Elaborar los exámenes que miden:
  - ~ Conocimientos
  - ~ Habilidades prácticas
- + Se determina la secuencia de instrucción
  - ~ Que se enseñará primero
  - ~ Que se enseñará después

+ Se decide acerca de si una lección es enseñada:

- ~ En un salón de clase
- ~ En un equipo industrial

Nota: Una buena regla empírica es 1:3

" Divida el tiempo de entrenamiento en:  
1 hora de instrucción en el salón de clase y  
3 horas de entrenamiento efectivo " .

+ Se especifican los medios de instrucción

- ~ Salón de clase
- ~ Diapositivas a color
- ~ Cintas de video
- ~ Maquetas
- ~ Equipo de muestra recortado
- ~ Simulación por computadora
- ~ Diagramas esquemáticos
- ~ Diagramas lógicos y de bloques
- ~ Subensamble del equipo de repuesto
- ~ Todo el equipo de la planta
- ~ Manuales técnicos del equipo

+ Fase de desarrollo: Puesta en marcha del curso de acuerdo al plan.

#### E) Finalización del plan

+ Es importante formar un expediente del programa de entrenamiento.

+ El expediente contendría lo siguiente:

- ~ Título del curso
- ~ Lista del equipo de planta aplicable

- ~ Una corta descripción del contenido del curso
  - ~ Extensión del curso
  - ~ Nombre y título del instructor
  - ~ Lista de los estudiantes
- \* El expediente se guarda en el archivo de entrenamiento.
  - \* Dar un reconocimiento al terminar el curso:
    - ~ Certificado firmado por el instructor y por el gerente de entrenamiento.

## FORMA PARA EL INVENTARIO DE HABILIDADES DE MANTENIMIENTO

Tipo de equipo: Compresor

Especialidad: Mecanica

| EQUIPO/SISTEMAS APLICABLE:             |  | Compresores: #1, #2, #3, #4, #5, #6 |                 |    |
|--|--|-------------------------------------|-----------------|----|
| HABILIDADES DE MANTENIMIENTO           | NOMBRE DEL PERSONAL CALIFICADO                           | CAPACIDAD (Marque uno)              |                 |    |
|  |  | Total -<br>SÍ                       | Parcial -<br>SÍ | No |
| A. Servicio y lubricacion              | 1. Tomas P.<br>2. Benito C.<br>3. Reyes W.<br>4. Tito G. | ✓                                   |                 |    |
| B. Rutina de mantenimiento Preventivo. | 1. Tomas P.<br>2. Benito C.<br>3. Reyes W.<br>4. Tito G. | ✓                                   |                 |    |
| C. Identificacion de problemas.        | 1. Tomas P.<br>2. Benito C.<br>3. Reyes W.<br>4. Tito G. |                                     | ✓               |    |
| D. Reparacion menor                    | 1. Tomas P.<br>2. Benito C.<br>3. Reyes W.<br>4. Tito G. | ✓                                   |                 |    |
| E. Reparacion mayor                    | 1. Tomas P.<br>2. Benito C.<br>3. Reyes W.<br>4. Tito G. |                                     |                 | ✓  |
| F. Compostura                          | 1. Tomas P.<br>2. Benito C.<br>3. Reyes W.<br>4. Tito G. |                                     |                 | ✓  |

### VALORACION DEL ENTRENAMIENTO Y RECOMENDACION:

Programar una clase sobre identificacion de problemas y reparacion mayor de compresores para mecanicos. Contratar composturas de compresores con el fabricante.

## V. FACTIBILIDAD Y MODO DE APLICACION DE LA COMPUTADORA PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO.

El presente capítulo tiene el objetivo de analizar las enormes ventajas que se presentan al mejorar la administración del mantenimiento utilizando un ordenador como una herramienta a través de la cual es posible llevar un mejor control de las actividades realizadas y por desarrollar en el equipo de la empresa.

Los siguientes serían algunos de los parámetros en base a los cuales se decidiría sobre la conveniencia de adquirir un sistema de cómputo:

- La cantidad de equipo industrial por mantener.
- El número de trabajadores especializados.
- La manera de controlar los inventarios.
- El presupuesto económico de la empresa.
- Etc.

Pero debido a que la intención fundamental del departamento de mantenimiento es lograr una mejor funcionalidad de las actividades administrativas se aceptaría su adquisición sin mayor análisis.

El costo de la adquisición e implementación del sistema de cómputo pasaría a formar parte de los costos de inversión del departamento de mantenimiento. Y naturalmente sería una fuerte inversión que durante los dos primeros años no reflejaría un aumento considerable en las ganancias de producción; pero a cambio de ello se lograría un control más sólido sobre la atención al equipo. Además, con lo anterior, se consigue adquirir

un ritmo de trabajo más uniforme pudiendo controlarlo de manera más justificada de acuerdo a las necesidades.

Actualmente los fabricantes de mayor renombre como las industrias IBM o Hewlett Packard poseen tanto el hardware como el software para hacer frente a las necesidades planteadas en este capítulo.

Los principios básicos de estas firmas establecen lo siguiente:

- Instalan el hardware necesario en el lugar indicado.
- Prueban la funcionalidad del software.
- Capacitan al personal asignado para que maneje adecuadamente el sistema de cómputo.
- Dan la asesoría necesaria.

El software que proporcionan ambas firmas tiene las siguientes características:

- Utilizan el método inductivo para penetrar en el manejo del software.
- Definen si el equipo está clasificado por área geográfica o por especialidad: eléctrica, mecánica, etc.
- Identifican el equipo y sus diferentes partes mediante un código.
- Describen detalladamente los procedimientos de reparación para cada pieza del equipo.
- Llevan un récord histórico de los procedimientos realizados en el equipo.
- Dan la facilidad de programar las futuras acciones a realizar en el equipo.

- Posibilitan la interacción con otras áreas de aplicación como la del almacén de repuestos o la de costos.
- Proporcionan un plan de trabajo por desarrollar de acuerdo a la programación de la atención al equipo, mediante ordenes de trabajo en las que se detalla:
  - Que trabajo se realizará
  - Como se realizará
  - Quien lo atenderá
  - Con que herramienta
  - Cuanto tiempo debe durar en promedio.
  - Admiten la retroalimentación de las ordenes de trabajo emitidas con las observaciones adicionales necesarias.

Enseguida se hará el análisis de los procedimientos de acción y funcionamiento del sistema IBM 34XX enfocado al área de mantenimiento; para cubrir de esta manera, la parte concerniente al modo de aplicación de la computadora en este departamento.

El sistema IBM 34XX enfocado al área de mantenimiento hace las siguientes consideraciones:

- 1) El departamento de mantenimiento cuenta con el suficiente personal capacitado para atender las labores preventivas y correctivas por especialidad (Eléctrica, neumática, etc.), a nivel administrativo y obrero.
- 2) Así mismo supone contar con el herramental e insumos adecuados.

La implantación de este sistema inicia con la codificación y registro de todo el equipo a mantener, de que y con cuanto

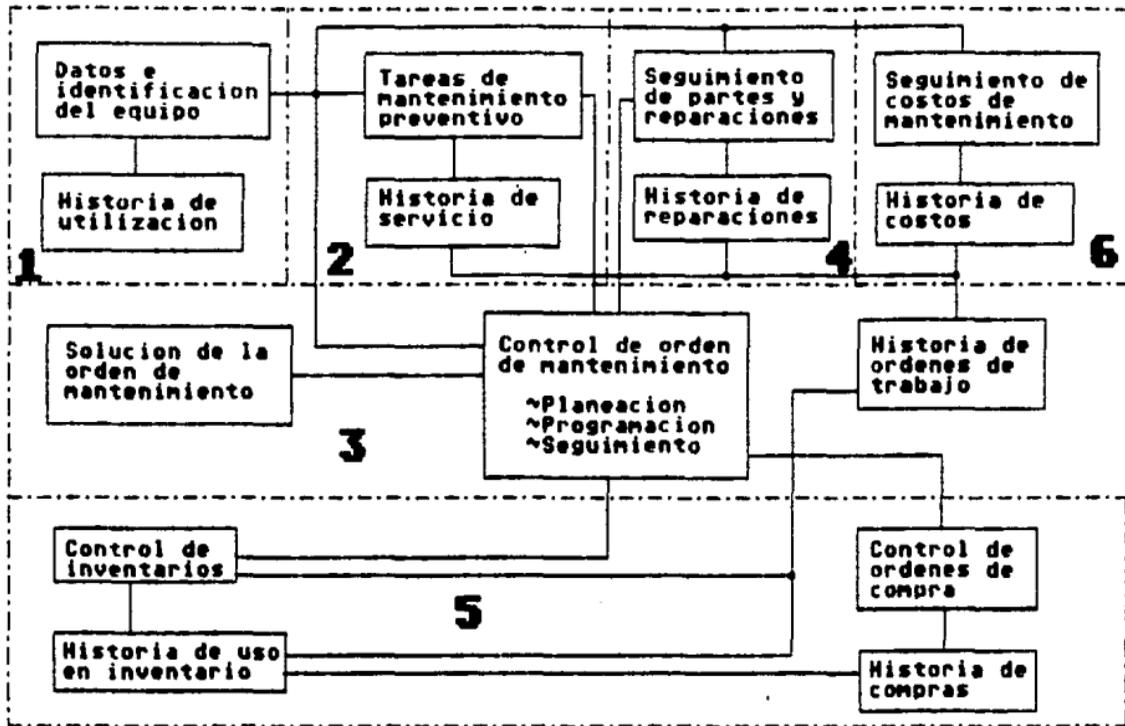
personal se cuenta por especialidad, con que y con cuanto material de repuesto se cuenta en el almacén; además se introducen los datos de costo de material y mano de obra. También se alimenta al sistema con los datos históricos de las reparaciones realizadas en cada equipo; así mismo se introduce la información sobre los métodos y técnicas utilizadas por los trabajadores junto con que herramienta y en cuanto tiempo se realiza una labor específica.

Todo esto conforma una sólida base de datos desarrollada a través de la cooperación de todo el personal del departamento, el cual debe dedicar un esfuerzo extra durante un periodo de tiempo que dependerá de la rapidez y disponibilidad con que se lleve a cabo el suministro de los datos necesarios.

Se recomienda iniciar paralelamente por especialidad el registro de aquellos elementos o sistemas de máquina junto con sus métodos y técnicas de acción que estadísticamente demuestran ser prioritarios; así mismo de aquellos sistemas de máquina cuyo funcionamiento es indispensable.

Debido a que este sistema es una herramienta de control, necesita una constante retroalimentación de datos sobre las acciones realizadas en el equipo obligando la existencia intrínseca de una buena coordinación entre administradores y obreros.

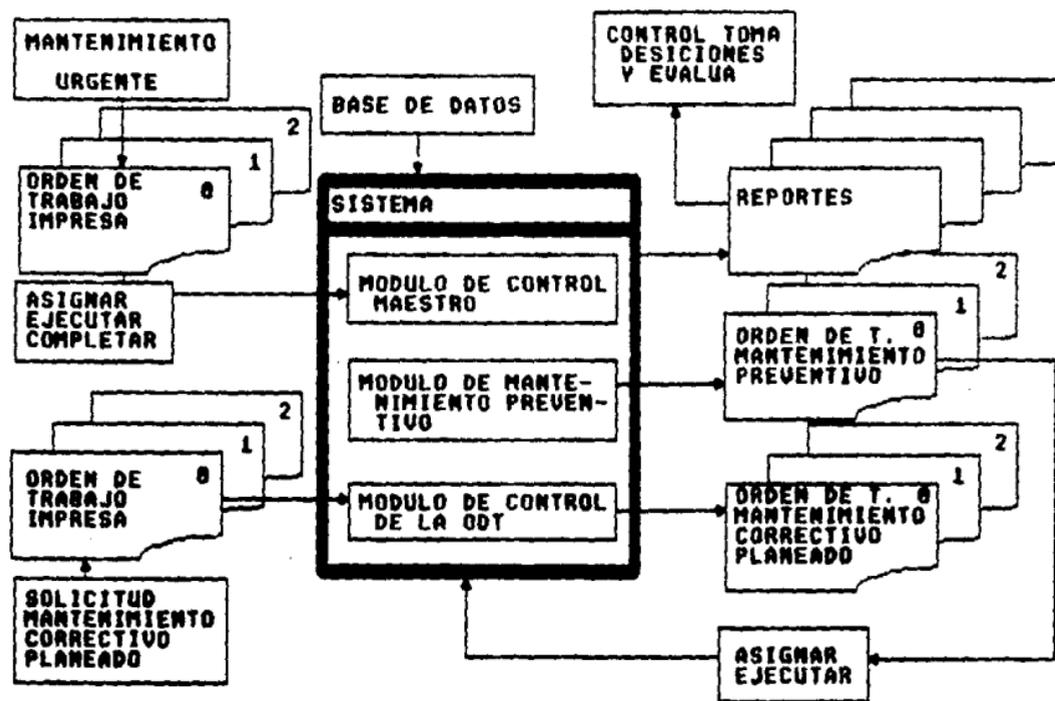
A continuación se presentan los procedimientos administrativos que idealmente se deben realizar al momento de presentarse los diferentes casos de mantenimiento, ya sea durante o después de la implantación del sistema.



**DIAGRAMA BASICO DEL SISTEMA DE MODULOS.**

**MODULOS QUE COMPONEN EL SISTEMA:**

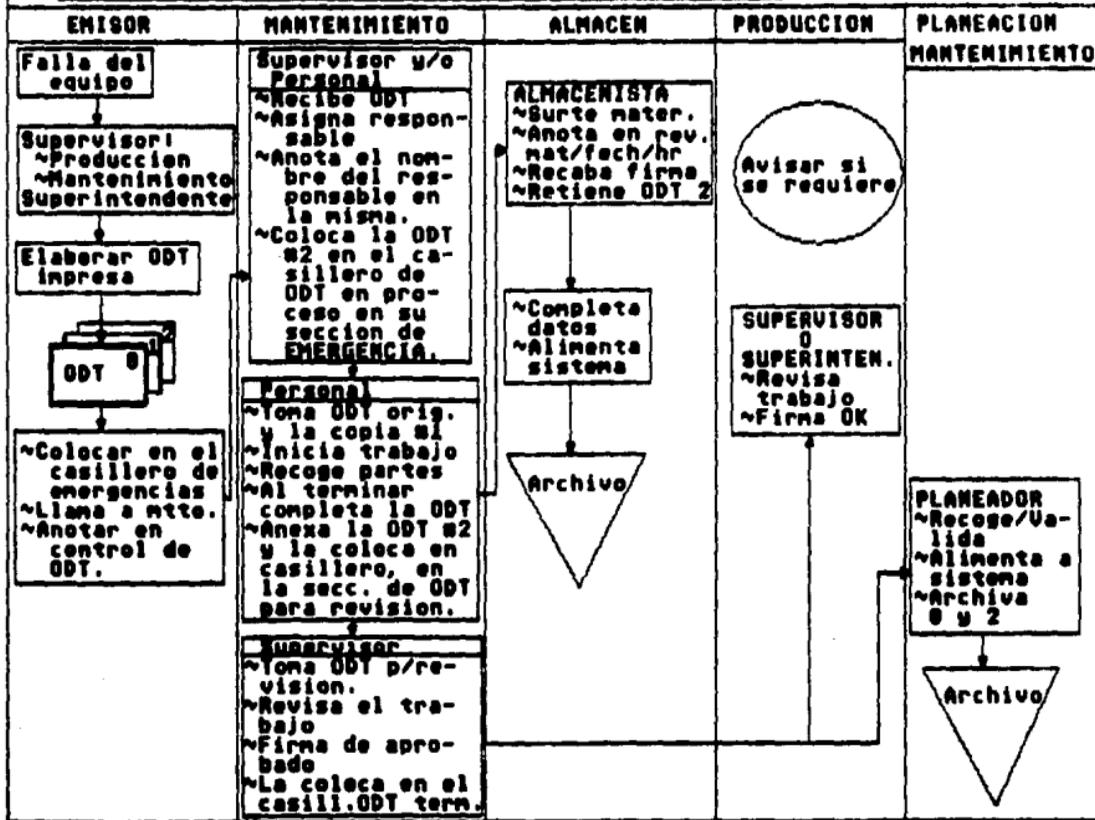
- 1) Módulo de control maestro
- 2) Módulo de control de mantenimiento preventivo
- 3) Módulo de control de ordenes de trabajo
- 4) Módulo de historia de costos y reparación de componentes
- 5) Módulo de compras y control de inventarios de partes y piezas
- 6) Módulo de control de costos



**DIAGRAMA DE FLUJO PARA ORDENES DE TRABAJO.**



# DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ORDEN DE TRABAJO URGENTE.



## EMISION DE LA ORDEN DE TRABAJO

FRECUENCIA: Cada vez que se presentan anomalías, deficiencias o fallas graves que requieren de corrección urgente.

### PREPARACION:

#### A) Solicitante

- 1) # de orden de trabajo, # de folio impreso.
- 2) Fecha: Anotar la fecha en que se elabora la orden.
- 3) Departamento del solicitante: Anotar el nombre del departamento de donde se solicita el trabajo.
- 4) Personal: Anotar el nombre abreviado del departamento de mantenimiento a quien se dirige la orden (mec., eléct., etc.).
- 5) # de equipo/- Descripción -  
Anotar el nombre del equipo afectado.
- 6) Descripción del problema:/breve: /completo:
- 7) Autorización:  
Nombre y firma de quien solicita y autoriza la orden.

#### B) Personal de mantenimiento.

- 8) Descripción de la tarea de mantenimiento.  
Anotar en este espacio las tareas de mantenimiento por realizar para corregir o reparar el equipo.
- 9) # de empleados  
Anotar el número de empleados que realizan el trabajo.

10) Clase

Anotar el código de las personas que realizan el trabajo de mantenimiento.

11) Hr. Real

Anotar las horas estimadas que se emplearán para realizarlo.

N) Responsable

Anotar el nombre de la persona responsable del trabajo.

Uso de la copia #1 (reverso) como vale de almacén

16) # de pate y/o control

Anotar en este espacio el nombre del artículo solicitado.

19) Cantidad requerida

F) Tarea (firma)

Solicitar firma de autorización del solicitante o del supervisor de mantenimiento.

20) Nombre y firma de quien recibe los artículos.

C) Supervisor de mantenimiento

13) Mantenimiento

Firma de conformidad o VoBo. en este espacio al recibir el trabajo y estar de acuerdo con la calidad, limpieza y buen funcionamiento del equipo.

14) Fecha de inicio

15) Fecha de término

**N) Responsable**

Anotar el nombre de la persona responsable del trabajo cuando se asigna la ODT.

**F) Tarea (firma de autorización)**

Si se requiere, debe firmarse para la autorización del vale al almacén.

**D) Supervisor de producción / superintendente**

**F) Tarea (firma de autorización)**

**12) Producción**

Si se requiere, firma de conformidad después de revisar y aceptar la reparación en calidad, limpieza y buen funcionamiento.

**E) Almacén (usa el reverso de la copia #1)**

**16) # de parte y/o control**

Anotar el número de parte del artículo que se entrega.

**17) Localización de inventario**

Anotar la clave de localización del artículo que se entrega.

**18) Fila/nivel/columna**

Anotar el # de la fila/nivel/columna en donde se localiza el artículo que se entregó.

**19) Cantidad usada**

Anotar la cantidad de artículos que se entregan físicamente.

21) Fecha/hora/almacenista

Anotar fecha y hora en que se entregan los articulos así como el nombre de la persona que los entrega.

# FORMATO DE LA ORDEN DE TRABAJO IMPRESA. (Frente).

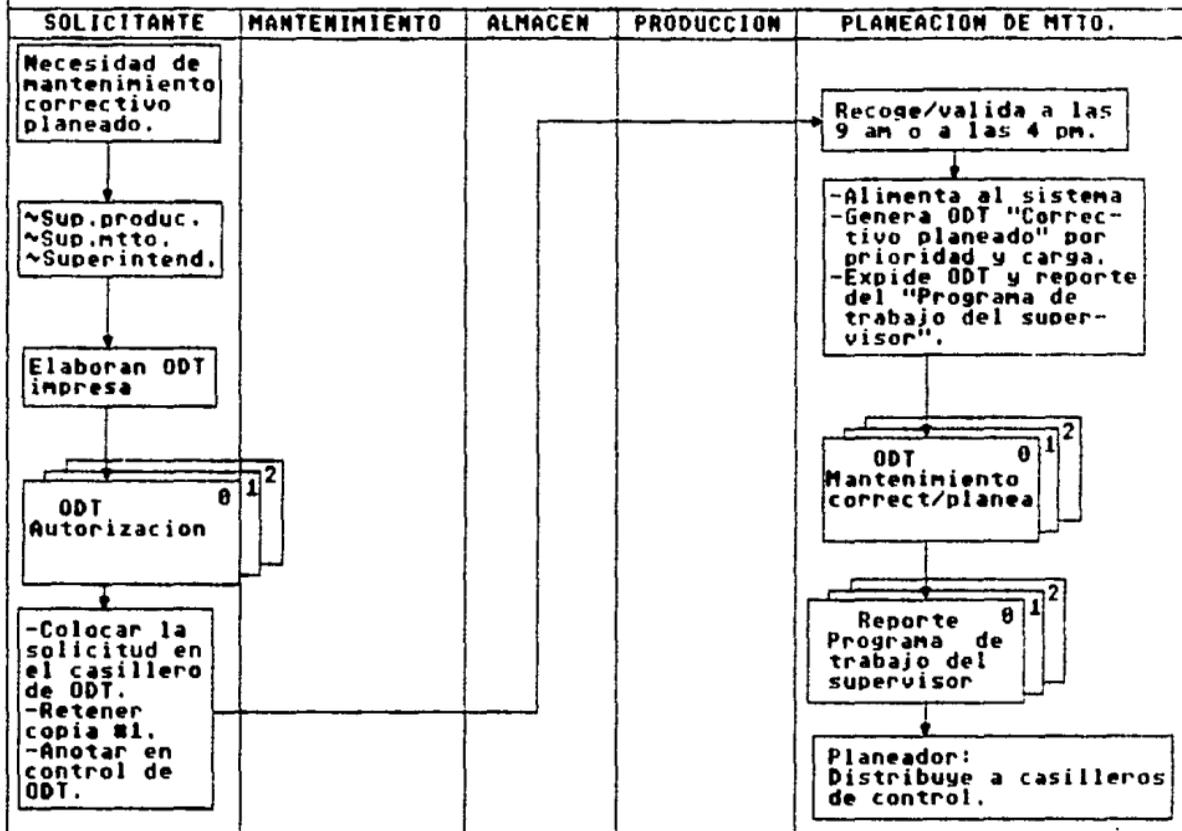
| ORDEN DE TRABAJO   |   |  |                 |  |          | FECHA:  |                      |   |  |
|--|---|--|-----------------|--|----------|---|----------------------|---|--|
| DDT. n. <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">1</span>      | Loc. del equipo   | Depto. solíc.  | Tipo de trabajo | Fecha de inicio  | Plnr. #  | Sup. inic.  | Tipo de paro         | Personal  | #Permiso seguridad <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">2</span> |
| #Equipo: <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">3</span>     | DESCRIPCION <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">5</span>     |  |                 |  |          |   |                      | <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">4</span> |  |
| Descripción del problema Breve: _____  |   |  |                 |  |          | Autorización: <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">7</span> |                      |   |  |
| Completa: <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">6</span>    |   |  |                 |  |          | _____   |                      |   |  |
| Tarea  | Descripción de la tarea de mto.   |  |                 | clave  | #Person. | Hs. estim.  | unidades en servicio |   |  |
|  | <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">8</span>                 |  |                 |  |          |   |                      |   |  |
| Equipo: _____  |   | Responsable: <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">M</span> _____ |                 | Terminación: _____   |          | Codigo de demora: _____   |                      |   |  |
| Tarjeta  | #Empleados <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">9</span>      | Clase <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">10</span>             | Cod. demora     | Hr. real <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">11</span>              |          |   |                      |   |  |
| Producción: <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">12</span> | Mantenimiento: <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">13</span> | Fecha de inicio: <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">14</span>  |                 | Fecha de terminación: <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">15</span> |          |   |                      |   |  |

(CONT...) Reverso.

INVENTARIO

| Tarea | n de parte y/o<br># de control | Localizacion<br>de inventario | Fila/Nivel<br>columna | Cantidad<br>requerida | Cantidad<br>usada |
|-------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| (F)   | (16)                           | (17)                          | (18)                  | (19)<br>(21)          | (19)              |

# DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ODT, Solicitud de mtto. "Correctivo planeado".



**REPORTE:** Estado de las tareas de mantenimiento. Líneas de control con descripción.

**Propósito:** Presenta el estado de cada tarea de mantenimiento que debe ser realizada en forma individual para cada máquina.

Contiene toda la información necesaria para cada tarea de mantenimiento preventivo o correctivo: Línea de control o tarea/ instrucciones o descripciones/ línea de partes.

TITULO DEL REPORTE

FECHA: \_\_\_\_\_

CLAVE DEL EQUIPO: \_\_\_\_\_  
TIPO DE MANTENIMIENTO: \_\_\_\_\_

CLAVE DE LA LOCALIZACION DEL EQUIPO

PAGINA: \_\_\_\_\_

CLAVE/EQUIPO: \_\_\_\_\_

FECHA PARA REALIZAR LA ODT: \_\_\_\_\_

ESPECIFICAR EL TRABAJO POR DESARROLLAR: \_\_\_\_\_

ESTADO DE LA ODT:  
~Critico  
~Retrasado  
~Asignado

DIAS TRABAJADOS A LA FECHA: \_\_\_\_\_

FECHA DEL ULTIMO SERVICIO: \_\_\_\_\_

PERSONAL ASIGNADO:  
~Especialidad: \_\_\_\_\_

~Cantidad: \_\_\_\_\_

~Tiempo estimado para el trabajo: \_\_\_\_\_

INDICACION ESPECIFICA DEL TRABAJO MEDIANTE UN NUMERO SECUENCIAL CON PRIORIDAD APROPIADA.

TIPO DE PARO: \_\_\_\_\_

SUPERVISOR: \_\_\_\_\_

PERSONAS: \_\_\_\_\_

PRESUPUESTO: \_\_\_\_\_

DESCRIPCION DEL TRABAJO:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Programa de mantenimiento preventivo.

Propósito: Minimizar los paros de las máquinas no programados y mantener conservado al equipo conforme a los reportes del departamento de mantenimiento.

A continuación se presentan dos ejemplos aplicados al proceso de corrugado. El primero específicamente se aplica a la medición y comparación de las dimensiones de los rodillos corrugadores del fingerless; mientras que el segundo se aplica para realizar el cambio de los mismos una vez llegado el momento de su máximo desgaste, con lo cual se produciría cartón de mala calidad si continuara en funcionamiento bajo esas condiciones.

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

26/XI/90.

RODILLOS CORRUGADORES:  
MTTO. PREVENTIVO.  
FLAUTA "C".

LOCALIZACION:  
FINGERLESS.

~ASIGNADO

PAG. 1  
PARA: 26/XI/90.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO

DIAS  
TRABAJADOS:  
489

PERIODO  
DE  
SERVICIO  
A LA  
FECHA:  
1/mes.

ULTIMA  
FECHA  
DE  
SERVICIO  
29/10/90

PERSONAL:  
CLASE: mec.  
HS: 2  
#PERS. 2

010 Inspeccion de la flauta de los  
rodillos corrugadores  
0.142" ± 0.004"

Prioridad: M1

Razon: Lamina combada, humeda  
despegada, mas desperdicio.

Tipo de paro: Mto. preventivo  
planeado mecanico.

Supervisor: Pedro Alanilla.

HISTORIA: Extremos 0.142"  
Centro 0.138"

020 Inspeccion del diametro de los  
rodillos corrugadores:  
12" ± 0.008"

Prioridad: M1

Razon: Lamina combada, humeda  
despegada, mas desperdicio.

Tipo de paro: Mto. preventivo  
planeado mecanico.

Supervisor: Pedro Alanilla.

HISTORIA: Extremos 12.000"  
Centro 11.992"

- 1 Medir la flauta de los rodillos corrugadores: (0.142" ± 0.004")  
~Dividir la longitud del rodillo en 4 partes iguales y marcar los puntos de lectura a cada 3" en toda su longitud. Reportar las lecturas.  
REQUIERE: Marcador y micrometro de profundidades.
- 2 Medir el diametro de los rodillos corrugadores: (12" ± 0.008")  
~Dividir la longitud del rodillo en 4 partes iguales y marcar los puntos de lectura a cada 3" en toda su longitud. Reportar las lecturas.  
REQUIERE: Marcador y micrometro de profundidades.
- 3 Medir la vibracion de los rodamientos con los rodillos en movimiento.  
Colocar el probador del Vibrometro cerca del rodamiento, y registrar las lecturas. (Minimo 5).
- 4 Medir la temperatura de los rodamientos con los rodillos en movimiento.  
Reportar la lecturas tomadas.  
REQUIERE: Pirometro.
- 5 Lubricacion: Checar la lubricacion. REQUIERE: Deposito de aceite y  
Aplicar lubricante en caso necesario. aceite DTE 88.

**RODILLOS CORRUGADORES  
MANTENIMIENTO PREV.**

LOCALIZACION:

Cabezote flauta "C"

^Asignado

PAG: 1

PARA: 30/XI/90

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO****010 CAMBIO DE RODILLOS CORRUGADORES**

FLUTA "C"

PRIORIDAD: M1

RAZON: Carton combado, humedo  
despegado, no pueden aumentar  
la velocidad a la maquina.

Tipo de paro: Programado, meca-  
nico.

Supervisor: Roberto Alquicira.

PERIODO DE

SERVICIO A

LA FECHA: 1 mes

DIAS TRAB. 489

ULTIMA FECHA

DE SERVICIO:

29/X/90

PERSONAL:

CLASE: Mecanico

MS: 32

# PERS: 7

1. Revisar la flauta de los nuevos rodillos corrugadores (Ø.142") a todo lo largo c/90' de su circunferencia; así como su diametro exterior (12").

REQUIERE: Micrometro de profundidades y micrometro de 10"-15".

2. Armar rodillo corrugador superior (lado del operador).

Introducir el borde del sello a 1/2" antes del tope de la espiga del manelón. Meter la tapa interior con su reten y la liga, calentar el rodamiento en aceite por espacio de 1/2 hr.; meterlo en la espiga. Colocar la arandela y la tuerca de seguridad. Colocar el borde del sello a 1 1/8" del final de la tuerca de seguridad hacia afuera; acoplar la chumacera; colocar la liga; colocar la tapa exterior con su reten. Al terminar de ensamblar, en uno de los extremos de lubricacion se destapa y se llena de aceite para verificar el buen acoplamiento.

REQUIERE: Rodamiento, reten, borde de sello, anillo, arandela y tuerca de seguridad, aceite DTE BB.

3. Armar rodillo corrugador superior (lado traccion).

Tanto el lado del operador como el de traccion tienen casi lo mismo, con la diferencia que en el lado de traccion no lleva la arandela y la tuerca de seguridad.

4. Armar rodillo corrugador inferior (lado del operador).

Introducir el borde del sello a 9/16" antes del tope de la espiga del manelón, meter la tapa inferior con su reten y la liga, calentar el balero en aceite por espacio de media hora, enseguida se coloca en la espiga. Se coloca la arandela y la tuerca de seguridad. El borde de sello debe quedar a 1 1/4" del final de la tuerca de seguridad hacia afuera. Acoplar la chumacera. Colocar la liga y la tapa exterior con su reten. Al terminar de ensamblar se destapa uno de los extremos de lubricacion y se llena de aceite para verificar el buen acoplamiento. REQUIERE: Balero, retenes, borde de sello, anillo, arandela y tuerca de seguridad, aceite DTE BB.

5. Armar rodillo corrugador inferior (lado de traccion). Lado de traccion y lado del operador. La diferencia es que aquí no lleva arandela y tuerca de segu.

## VI. REDISEÑO DE PARTES MECANICAS

### INTRODUCCION

De entre los diferentes tipos de cartón corrugado, el impermeable merece nuestra atención por ser utilizado en forma de caja para proteger al producto que contiene, además de preservarlo de la humedad durante su transporte en carros refrigerados.

La propiedad de impermeabilidad la adquiere cuando durante el proceso de corrugado, en la formación del Single Face, al medium se le impregna totalmente de cera; adquiriendo de esta manera esa característica.

La máquina original no dispone de un sistema establecido para aplicar la cera; es por ello que se plantea el siguiente objetivo:

" Diseñar un sistema de aspersión de cera líquida aplicada al papel medium durante el proceso de corrugado ".

#### Parámetros de diseño:

##### + Papel medium:

|                     |  |
|---------------------|--|
| Ancho máx.          | : 2.20 m   |
| Espesor             | : 0.3048 mm  |
| Longitud            | : Variable de acuerdo a la orden de trabajo.   |
| Velocidad de avance | : 1.24 m/s ( máx. )  |
| Temperatura         | : 100 °C aprox. (Por los efectos de su precondicionamiento su humedad vaporiza a presión atmosférica). |

† Cera:

Densidad : 914.29 kg/m<sup>3</sup>  
 Medidas [m] : ( 0.5x0.3x0.035)/Bloque  
 Temperatura de fusión: 60 °C  
 Temp. de inflamación : 254 °C

† Ubicación del sistema:

Ubicado en el rodillo E. Ver la gráfica del proceso de corrugado.

† Espacio físico disponible en la dirección del papel:

|                    | Ancho | Alto | Largo [m] |
|--------------------|-------|------|-----------|
| Sobre el rodillo E | 2.20  | 0.80 | 1.50      |

† Elementos disponibles:

|       | Presión            |       |       | Temperatura |     |
|-------|--------------------|-------|-------|-------------|-----|
|       | kg/cm <sup>2</sup> | Psig  | Bar   | °F          | °C  |
| Vapor | 10.55              | 150   | 8.81  | 358         | 181 |
| Aire  | 7                  | 99.57 | 6.865 | 77          | 25  |

**CALCULOS PRELIMINARES:**

Experimentalmente se demostró que en cinco y media unidades de volumen de papel medium a 60°C, se absorbe completamente una unidad de volumen de cera.

$$V_{pm} = 5.5 V_c \text{ (u}^3\text{)}$$

Si consideramos un volumen de papel transportado en una unidad de tiempo:

$$V_{pm} = (1.24 \text{ m}^3/\text{s}) (2.20 \text{ m}) (0.3048 \text{ E}-3 \text{ m}) = 0.8315 \text{ E}-3 \text{ m}^3/\text{s}$$

necesitamos un gasto de cera:

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.0315E-3/5.5 = 0.15033E-3 \text{ m}^3/\text{s} & ; \\
 &= 9.02 \text{ lt/min} & ; \\
 &= 541.18 \text{ lt/hr} & ;
 \end{aligned}$$

Este flujo volumétrico de cera líquida puede ser aplicado principalmente de dos maneras:

- A) Por aspersión pura
- B) Por atomización neumática

Para la distinción de ambos tipos de aspersión se tomará como base el catálogo de boquillas Spraying Systems Co. indicado en la bibliografía.

En la aspersión pura se maneja la cera líquida conducida a presión; la cual se logra de las siguientes formas:

- + Utilizando un depósito abierto ubicado por encima del nivel de aplicación conduciendo la cera líquida mediante la acción de la gravedad.
- + Utilizando un depósito cerrado y a presión ubicado a cualquier nivel.

En la atomización neumática se utiliza la combinación de:

- + Aire a presión con cera líquida a presión.

Para lograr la presión en la cera líquida se puede utilizar cualquiera de los métodos utilizados para la aspersión pura.

- + Aire a presión succionando la cera líquida del depósito abierto ubicado por debajo del nivel de aplicación. (Sifón).

## SELECCION DEL SISTEMA:

La selección del sistema comienza con la eliminación de las opciones en las que los depósitos están elevados; ya que al operario le resultaría impráctico colocar los bloques de cera dentro del depósito, aparte de ser más riesgoso.

De las opciones restantes aún se elimina la de sifón por manejar altas presiones neumáticas con bajos gastos de cera líquida además de mantener restringida la altura de succión que en un momento dado podría ser insuficiente.

Las opciones permanentes son las más factibles pero una de ellas es a primera vista más costosa. Las dos pueden manejar la cera líquida desde un depósito a presión cuyo nivel está por debajo del de aplicación. Las dos manejan aire a presión; pero una maneja el aire como si fuera junto con la cera un fluido de aplicación y cuya temperatura debe ser cuando menos igual a esta. Para lograr aumentar la temperatura del aire sería necesario precalentarlo en un equipo especial mediante vapor. Y este equipo adicional encarecería el diseño.

Por lo que finalmente la opción más aceptable es realizar la aspersión pura de la cera líquida conducida desde el depósito cerrado y a presión ubicando su nivel por debajo del de aplicación.

La principal ventaja de esta opción es que el operario cómodamente podrá manejar este sistema sin mucho riesgo. Además no es un sistema muy elaborado, lo cual facilita su control.

Es indudable que para ésta como para cualquier otra opción tanto los conductos, las boquillas de aspersión, como el depósito

de cera deberán estar a una temperatura mayor que la temperatura de fusión de la cera para que se mantenga en su estado líquido. Esto se logrará con una camisa de vapor conducido por la tubería y recipientes adecuados.

Para determinar la cantidad de boquillas necesarias para cubrir de cera el ancho del papel se utilizará la tabla B4 (Spraying Systems Co. Ver ANEXO A) que corresponde a las características técnicas de las boquillas de aspersión de cono lleno.

Suponiendo una presión de 2 bar para aplicar la cera con la conexión de la boquilla de 1/4 NPT se obtiene que ésta proporciona un flujo volumétrico de 0.62 lt/min de agua por boquilla.

Obteniendo el flujo equivalente de cera líquida:

$$\begin{aligned} V_c &= V_a / 0.91429 \\ &= (0.62 \text{ lt/min/boq}) / 0.91429 \\ &= 0.67812 \text{ lt/min/boq} \quad !!! \end{aligned}$$

Obteniendo el número total de boquillas necesarias:

$$\begin{aligned} \#Boq &= (V_{tc}) / V_c \\ &= (9.02 \text{ lt/min}) / (0.67812 \text{ lt/min/boq}) \\ &= 13.3 \text{ (Teórico)} \\ &= 14 \text{ (Real)} \quad !!! \end{aligned}$$

Distancia entre boquillas :

$$\begin{aligned} T &= (\text{Ancho del papel}) / \#Boq \quad (\text{m}) \\ &= 2.20 / 14 \\ &= 15.7 \text{ cm} \quad !!! \end{aligned}$$

Altura de las boquillas considerando el ángulo de aspersión indicado de 58° (2θ = 58°):

$$\begin{aligned}
 H &= (T/2)/\tan\theta \\
 &= (15.7/2)/\tan 29^\circ \\
 &= 14.17 \text{ cm} \qquad \text{!!!}
 \end{aligned}$$

Las 14 boquillas aplican un flujo volumétrico de:

$$\begin{aligned}
 V_c &= 14(0.6712) \text{ a 2 bar de presión} \\
 &= 9.49 \text{ lt/min} \qquad \text{!!!}
 \end{aligned}$$

Lo cual significa un 5.25 % de cera aplicada adicionalmente.

A partir de este porcentaje el parámetro a controlar será la presión de la cera líquida, disminuyéndola en un porcentaje igual; la cual debe ser lo suficientemente precisa para evitar excesos de aplicación.

Por lo tanto para aplicar la cantidad de cera adecuada la presión será disminuida en 5.25 % :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{cera}} &= (2 \text{ bar}) (1 - 0.0525) \\
 &= 1.895 \text{ bar} \\
 &= 1.932 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 27.49 \text{ psig}
 \end{aligned}$$

Enseguida procede hacer el diseño de los elementos constitutivos del sistema para poder aplicar la cera líquida; es decir, establecer que tubos, de que material, que recipientes, que accesorios de control, de que material y en que forma deben ser arreglados para poder manejar al fluido de trabajo, así como los fluidos auxiliares para que cumplan adecuadamente sus funciones ( conducir, contener, ceder calor, proporcionar presión, etc. ), contribuyendo al objetivo planteado.

## ESTABLECIMIENTO DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL SISTEMA DE ASPERSIÓN DE CERA LÍQUIDA.

La descripción de cada uno de los elementos constitutivos se basará en las diferentes secciones señaladas en el siguiente croquis. (El equipo adicional y el equipo de control se describen en su sección correspondiente.).

- A : Sección de alimentación de vapor mediante tubería roscada, rígida y flexible de acero, ambas con un diámetro nominal de 2 1/2 in.
- B : Sección de aplicación de la cera líquida en la que aparecen los siguientes elementos:
- Boquillas de latón aspersoras. Las cuales permanecen fijas a la canaleta y aplican la cera en todo lo ancho del papel.
  - Canaleta de acero distribuidora de la cera líquida. Permanece unida al tubo compensando su inclinación para mantener a una misma altura a todas las boquillas.
  - Tubo rígido de acero, conductor de vapor, de 2 1/2 in. cuya inclinación permitirá el escurrimiento del líquido condensado. Su propósito es el de transferir el calor del vapor a la pared de la canaleta para conservar en estado líquido a la cera.
  - Soportes estructurales del tubo inclinado apoyados en las vigas del puente superior.
- C : Tubería flexible de acero de 2 1/2 in. conductora de vapor hacia el depósito de cera. Además por su interior, en una tubería de 1/2 in. de iguales características, circula

cera líquida hacia la canaleta distribuidora.

D : Sección de almacenaje y suministro de cera líquida. Es formada por dos recipientes concéntricos (ollas) colocados uno dentro del otro, y por cuyo espacio dejado entre los mismos, se formará una cámara de vapor. Tiene tres principales objetivos:

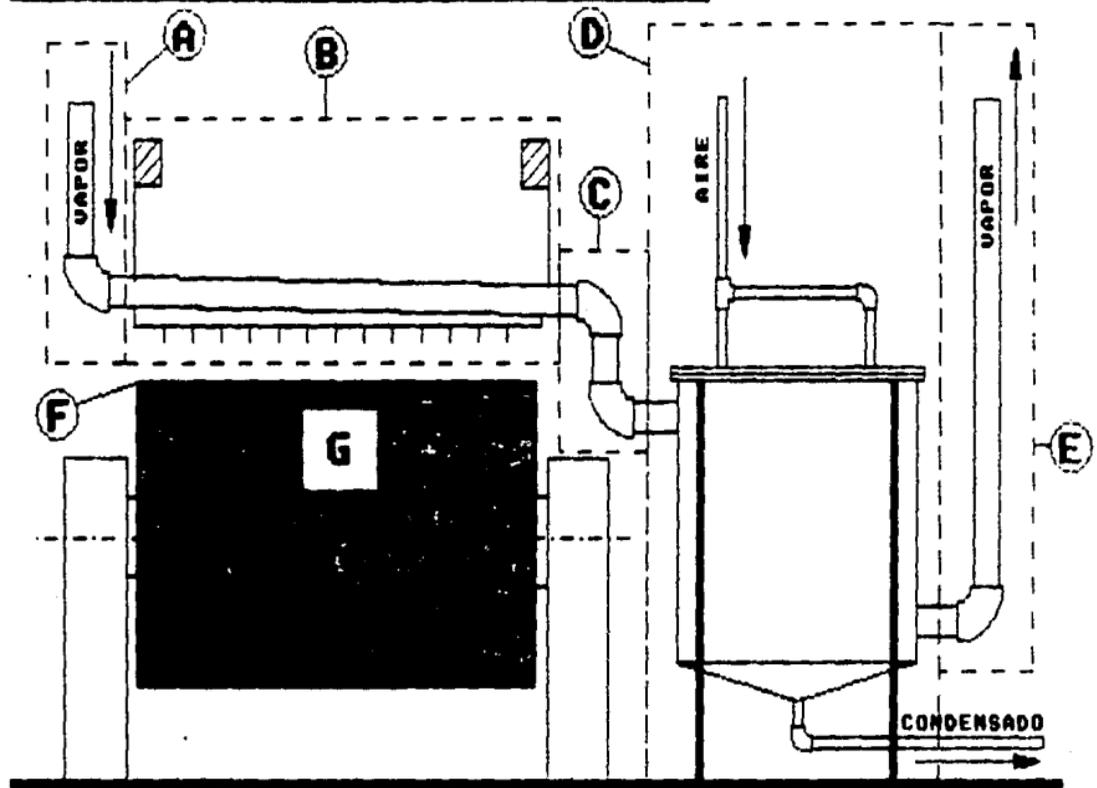
- 1) Admisión de bloques sólidos de cera.
- 2) Transformación de su estado sólido a su estado líquido.
- 3) Bombeo neumático de la cera líquida hacia las boquillas de aspersión.

E : Sección de extracción del vapor. Formada por las conexiones y tuberías rígidas que conducen el vapor utilizado en nuestro sistema para hacerlo recircular hacia la caldera.

F : Papel médium a encerar.

G : Rodillo de acero preconditionador del médium. En su interior circula vapor para mantener su superficie a una temperatura aproximada de 120°C.

# CROQUIS DEL SISTEMA DE ASPERSION DE CERA LIQUIDA.



## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ASPERSION

Inicialmente en la sección A debe permitirse la circulación de vapor por todo el sistema de aspersión para calentarlo durante quince minutos (tiempo supuesto), y mantenerlo a las condiciones óptimas de temperatura para que pueda admitir, conducir, y aplicar la cera líquida. (Ver croquis del sistema)

Enseguida se calibra la presión manométrica máxima del aire que debe de haber en el segundo recipiente de la sección D.

Durante este proceso debe desalojarse todo el líquido condensado acumulado en la tubería tanto en la sección A como en la cámara de vapor en la sección D mediante la trampa de vapor.

La alimentación de los bloques de cera sólidos se realiza manualmente introduciéndolos en el primer recipiente de la sección D. Se cierra herméticamente, se aplica presión neumática para que pase en estado líquido al segundo recipiente utilizando para ello la válvula de regulación neumática conectada a este depósito. El traslado de la cera líquida sucederá cuando en el primer recipiente exista una mayor presión que la registrada en el segundo. Durante este proceso el aumento de presión registrado en el segundo será aliviado dejando escapar el aire a presión excedente a través de una válvula de seguridad.

La aplicación de la cera líquida utilizando las boquillas aspersoras será gobernada mediante el control neumático de la válvula reguladora que proporcionalmente actuará conforme aumente o disminuya la velocidad de avance del medium. Dicha válvula actuará en base a señales eléctricas de voltaje o corriente provenientes ya sea de un taco-generador o directamente del

control eléctrico del motorreductor del single face.

La aplicación de la cera líquida será continua conforme, ininterrumpidamente exista un suministro manual oportuno de la misma en bloques.

Debe ponerse especial cuidado en no dejar caer en el primer depósito objetos extraños para evitar taponamientos en los ductos.

#### MATERIAL UTILIZADO EN CADA SECCION

##### A : TUBERIA

|                   | Rígida                | Flexible                 |
|-------------------|-----------------------|--------------------------|
| Identificación    | -----                 | agra                     |
| Proveedor         | TAMSA                 | Tubo Mexicanos Flexibles |
| Material          | Acero al bajo carbono | Acero al bajo carbono    |
| Norma             | ASTM A-53             | DIN 50114                |
| Diámetro nominal  | 2.50 in               | 2.50 in                  |
| Diámetro exterior | 2.875 in              | 2.815 in                 |
| Diámetro interior | 2.469 in              | 2.500 in                 |
| Cédula            | 40                    | -----                    |
| Espesor de pared  | 0.203 in              | 0.158 in                 |
| Rosca             | NPT                   | NPT                      |

B : TUBERIA: rígida de iguales especificaciones que en A.

##### CANALETA:

|          |                          |
|----------|--------------------------|
| Material | Acero al carbono (placa) |
| Norma    | ASTM A 515 '70           |
| Espesor  | 0.1875 in                |



**D : TANQUE DE ALMACENAJE Y SUMINISTRO DE CERA:**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Material</b>    | <b>Acero al carbón (placa)</b>           |
| <b>Norma</b>       | <b>ASTM A - 53</b>                       |
| <b>Espesores</b>   | <b>3/32, 1/8, 1 5/8 in</b>               |
| <b>Tubo rígido</b> | <b>TAMSA 1/2 in</b>                      |
| <b>Juntas</b>      | <b>Elastómero con tejido de asbesto.</b> |

## MEMORIA DE CALCULO

Esta memoria de cálculo registra un análisis mecánico para la determinación de las dimensiones de los elementos constitutivos del sistema; un análisis de mecánica de fluidos para determinar la caída de presión durante la conducción de la cera líquida a través de la tubería interna; y un análisis térmico para determinar la rapidez de calentamiento del mismo.

### ANALISIS MECANICO

A) Resistencia de la tubería de alimentación de vapor.

B) Cálculo de las dimensiones del tanque:

B1) Espesor de:

B1.1) Pared externa

B1.2) Pared interna

B1.3) Tapas inferiores

B1.3a) Externa

B1.3b) Interna

B1.4) Tapa superior

B1.5) Tapa móvil superior

B2) Espacio interno entre las paredes de la cámara de vapor.

B3) Cálculo de las soldaduras, uniones:

B3.1) Exteriores, caja - cuerpo

B3.2) Interiores, caja - cuerpo

B3.3) Exteriores, cuerpo - tapa inferior

B3.4) Interiores, cuerpo - tapa inferior

B4) Tipo y cantidad de tornillos para fijar la tapa móvil y la superior.

C) Resistencia de la tubería de alimentación de aire.

#### ANALISIS DE MECANICA DE FLUIDOS

A) CERA LIQUIDA

Caida de presión a través del sistema.

#### ANALISIS TERMICO

A) Aislamiento de los elementos del sistema.

B) Rapidez de calentamiento del sistema.

## ANALISIS MECANICO

### A) Resistencia de la tubería de alimentación de vapor:

Condiciones de diseño:

$$P = 150 \text{ psig}$$

$$S = 48,000 \text{ psi}$$

Ref.K \*

$$Dex = 2.875 \text{ in}$$

Ref.B

$$t = 0.203 \text{ in}$$

Ref.B

$$(1') \quad P = 2tS/Dex$$

Ref.A

Cálculos:

$$P = 2(0.203)(48,000)/(2.875)$$

$$P = 6,778.43 \text{ psi}$$

como 6,778.43 >> 150 psi la tubería resistirá muy bien bajo las condiciones de trabajo.

\* Nota: Ref.K indica la referencia K en la bibliografía.

### B) Cálculo de las dimensiones del tanque.

Condiciones de diseño.

- Geometría exterior del recipiente:

Cuerpo: Cilíndrico, Dex = 48 in.

Tapa inferior: Cónica,  $\theta = 15^\circ$

Tapa superior: Plana

| Fluidos:      | Presión<br>(psi) | Temperatura<br>(°F) |
|---------------|------------------|---------------------|
| Vapor de agua | 150              | 181                 |
| Aire          | 100              | 74                  |

B1.1) Cálculo del espesor de la pared externa.

Material a utilizar:

+ Placa de acero al carbono ASTM 515'70 Ref.M

Resistencia a la tensión:  $S = 70,000$  psi

+ Soldadura por arco eléctrico AWS 6013 Ref.L

$S = 69,760$  psi

(1) Fórmula:  $t = P(R_o)/(S(E)+0.4P)$  Ref.E

donde:

$t$  = Espesor de la placa. in.

$R_o$  =  $D_{ex}/2$ . in.

$P$  = Presión del vapor. psi.

$S$  = Resistencia a la tensión de la placa. psi.

$E$  = Eficiencia de la soldadura. Ref.E

por lo tanto:  $R_o = 24$  in

$$t = 150(24)/[(70,000(0.8)+0.4(150))]$$

$$t = 0.064 \text{ in} < 3/32 \text{ in (in)}$$

debido a que el material estará expuesto a corrosión provocado por el líquido condensado se establece un espesor de:

$$t = 1/8 \text{ in. ....Espesor del cuerpo exterior...}$$

B1.2) Cálculo del espesor de la pared interna.

Aplicando la fórmula (1) con:

$P_{aire} = 33$  psi (máx)

$D_{ex} = 46.528$  in

$$t = 33(23,264)/[70,000(0.8)+0.4(33)]$$

$$t = 0.014 \text{ in.} < 1/64 \text{ in (min).}$$

pero de acuerdo a las condiciones de desgaste por erosión sobre su superficie provocada por el paso de vapor:

$$t = 1/8 \text{ in} \dots \text{Espesor del cuerpo interior} \dots$$

B1.3) Cálculo de los espesores de las tapas inferiores.

B1.3a) Externa.

$$D_{ex} = 48 \text{ in}$$

$$\theta = 15^\circ$$

$$P = 150 \text{ psi}$$

$$S = 70,000 \text{ psi}$$

$$E = 0.80$$

(2) Fórmula:  $t = P(D_{ex}) / [2(\cos \theta)(S(E) - 0.6(P))]$  Ref. E

$$t = 150(48) / [2 \cos 15^\circ (70,000(0.8) - 0.6(150))]$$

$$t = 0.087 \text{ in} < 5/64 \text{ in}$$

pero el espesor comercial es:

$$t = 3/32 \text{ in} \dots \text{Espesor de la tapa exterior inf} \dots$$

B1.3b) Interna.

$$D_{ex} = 46.528 \text{ in}$$

$$P_{aire} = 33 \text{ psi}$$

$$t = 33(46.528) / (2 \cos 15^\circ (70,000(0.8) - 0.6(46.528)))$$

$$t = 0.014 \text{ in} < 1/64 \text{ in}$$

pero que para prevenir su desgaste por erosión se establece:

$$t = 3/32 \text{ in} \dots \text{Espesor de la tapa inferior int} \dots$$

B1.4) Cálculo del espesor de la tapa superior.

Esta tapa será atornillada previniendo el mantenimiento futuro de los elementos internos de los recipientes.

$$(3) \quad t = D_j \left[ \frac{C(P)}{S(E)} + 1.9F(h') / (S(E)(D_j)^2) \right]^{1/2} \quad \text{Ref.E}$$

donde:

t = Espesor de la placa. in.

D<sub>j</sub> = Diámetro del recipiente al centro de la junta.in.

C = Factor por atornillamiento ( C = 0.3 )

P = Presión del fluido. psi.

S = Máximo esfuerzo permisible del material.psi.

E = 1 ( Dado que no existe unión soldada )

F = Carga total que deben soportar los tornillos.Lbs.

h' = Distancia entre el centro de la junta y el del tornillo .in.

$$(4) \quad F = \pi(D_j)^2 P / 4 + 2\pi b(D_j) m(P) \quad \text{Ref.E}$$

donde:

b = Espesor de la junta. in.

m = Factor de la junta ( 2.5 )

F' = 2πb(D<sub>j</sub>)m(P) Fuerza total de apriete de los tornillos . Lbf.

Aplicando la fórmula (4) con:

$$D_j = 48 + 2(0.125) = 48.25 \text{ in}$$

$$b = 0.25 \text{ in}$$

$$P = 150 \text{ psi}$$

$$F = \pi(48.25)^2(150)/4 + 2\pi(0.25)48.25(2.5)150$$

$$F = 302,690 \text{ Lbf} \dots\dots\dots$$

Aplicando la fórmula (3) con:

$$S = 70,000 \text{ psi}$$

$$h' = 1.5 \text{ in}$$

$$t = 48.25[0.3(150)/70,000 + 1.9(302,690)1.5/(70,000(48.25)^2)]^{1/2}$$

$$t = 1.324 \text{ in} ; \text{ pero el espesor comercial es:}$$

$$t = 1.375 \text{ in} \dots\dots \text{Espesor de la tapa superior.} \dots\dots$$

B1.5) Cálculo del espesor de la tapa móvil superior.

Es móvil debido a que por la abertura que cubre permitirá el suministro manual de los bloques de cera.

$$(5) \quad F = P(A) \quad \text{donde:}$$

$$Paire = 33 \text{ psi}$$

$$A = 5.5 \times 16.5 \text{ in. Area cubierta por los tornillos de fijación.}$$

Para la utilización de la fórmula (4):

$$D_j = D_{eq}$$

$$b = 0.125 \text{ in}$$

$$m = 2.5$$

$$A = 5.5 \times 16.5 \text{ in} = 90.75 \text{ in}^2$$

$$A = \pi(D)^2/4$$

$$D_{eq} = (4A/\pi)^{1/2}$$

$$= (4(90.75)/\pi)^{1/2}$$

$$D_{eq} = 10.75 \text{ in}$$

por lo tanto:

$$F = \pi(10.75)^2(33)/4 + 2\pi(0.125)10.75(2.5)33$$

$$F = 3,691.71 \text{ Lbf} \dots\dots\dots$$

Para aplicar la fórmula (3):

$$C = 0.3$$

$$S = 70,000 \text{ psi}$$

$$E = 1$$

$$h' = 1 \text{ in}$$

$$t = 10.75(0.3(33)/70,000 + 1.9(3,691.71)1/(70,000(10.75)^2))^{1/2}$$

$$t = 0.151 \text{ in}$$

De donde la medida comercial es de:

$$t = 3/16 (0.1875 \text{ in}) \dots \text{Espesor de la tapa móvil sup..}$$

B2) Espacio interno entre las paredes de la cámara de vapor.

Parámetros :

$$S = 70,000 \text{ psi}$$

$$t_{in} = 0.125 \text{ in}$$

$$t_{ex} = 0.125 \text{ in}$$

$$P = 150 \text{ psi}$$

$$(6) \quad j = 25(t_{in})^2/P(R) - 0.5(t_{in} + t_{ex}) \quad \text{Ref. E}$$

donde:

$j$  = Espacio interno entre las paredes interna  
y externa . in.

$S$  = Resistencia a la tensión del material de  
las paredes del recipiente. psi.

$P$  = Presión del vapor. psi.

$t_{in}$ ,  $t_{ex}$  = Espesores interior y exterior de  
las paredes . in.

$R$  = Radio interno de la pared exterior. in.

$$R = R_{ex} - t_{ex} = 48/2 - 0.125 = 23.875 \text{ in}$$

aplicando la ecn. (6):

$$j = 2(70,000)(0.125)^2 / (150(23.875)) - 0.5(0.125 + 0.125)$$

$$j = 0.611 \text{ in (máx)} \dots \text{Espacio interno} \dots$$

### B3) Cálculo de soldaduras

#### B3.1) Ceja - Cuerpo exteriores.

Dada la geometría establecida en el Plano No.6 se aplican 2 cordones de soldadura de diferente "garganta" alrededor del cuerpo.

$$\text{Garganta } g_a = 0.088 \text{ in}$$

$$\text{Perímetro promedio } P_{ma} = \pi(48 - 2(0.125/2))$$

$$P_{ma} = 150.404 \text{ in}$$

$$\text{Área de esfuerzo } A_a = g_a(P_{ma})$$

$$A_a = 0.088(150.404) = 13.294 \text{ in}^2$$

en la garganta más grande:

$$g_b = 0.250 \text{ in}$$

$$P_{mb} = \pi(48 + 2(0.25/\cos 45/2))$$

$$P_{mb} = 151.907 \text{ in}$$

$$A_b = 0.250(151.907) = 37.977 \text{ in}^2$$

$$\text{Área total de esfuerzo: } A_t = A_a + A_b$$

$$A_t = 13.294 + 37.977$$

$$A_t = 51.271 \text{ in}^2$$

Se aplicarán los cordones con una soldadura:

$$\text{AWS 6013 con } S = 69,580 \text{ psi}$$

Por lo tanto la tubería soportará una fuerza máxima de:

$$F_{máx} = S(A_t)$$

$$F_{máx} = 69,580(51.271)$$

$$F_{máx} = 3,569,417.45 \text{ Lbf}$$

Si se considera que dicha aplicación tiene una eficiencia de 0.8 :  $Fr = 0.8F_{m\acute{a}x}$

$$Fr = 2'853,933.96 \text{ Lbf}$$

Que al compararla con los cálculos de la misma realizados en B1.4) donde:

$$F = 302,690 \text{ Lbf}$$

Se comprueba que la soldadura aplicada tiene un elevado margen de seguridad.

### B3.2) Ceja - Cuerpo interiores.

De manera similar a B3.1) : Plano No.7

$$g_a = 0.088 \text{ in}$$

$$P_{aa} = T_1(46.528 - 2(0.125/2))$$

$$P_{aa} = 145.779 \text{ in}$$

$$A_a = 0.088(145.779) = 12.885 \text{ in}^2$$

$$g_b = 0.250 \text{ in}$$

$$P_{ab} = T_1(46.528 - 2(0.125) - 2(0.25/\cos 45/2))$$

$$P_{ab} = 144.276 \text{ in}$$

$$A_b = 0.250(144.276) = 36.069 \text{ in}^2$$

$$A_t = 12.885 + 36.069 = 48.954 \text{ in}^2$$

$$F_{m\acute{a}x} = 89,580(48.954) = 3'408,231.12 \text{ Lbf}$$

$$Fr = 0.8(3'408,231.12) = 2'724,984.90 \text{ Lbf}$$

Comparando  $Fr$  con  $F$  de B1.5) donde:

$$F = 3,891.71 \text{ Lbf}$$

se comprueba que la soldadura aplicada tiene un elevado margen de seguridad.

### B3.3) Cuerpo - Tapa inferior exteriores

De manera similar a B3.1): Plano No. 6

$$g = 0.088 \text{ in}$$

$$P_m = \pi(48-2(0.063)-2(0.062/2))$$

$$P_m = 150.206 \text{ in}$$

$$A = 0.088(150.206) = 13.218 \text{ in}^2$$

$$F_{\max} = 69,580(13.218) = 919,716.89 \text{ Lbf}$$

$$F_r = 0.8(919,716.89) = 735,773.512 \text{ Lbf}$$

Comparando con F de B1.4) donde:

$$F = 302,690 \text{ Lbf}$$

se establece que el cordón de soldadura alrededor del recipiente tiene un factor de seguridad de 2.4 .

#### B3.4) Cuerpo - Tapa inferior interiores.

De manera similar a B3.1) : Plano 7

$$g = 0.088 \text{ in}$$

$$P_m = \pi(46.528-2(0.063)-2(0.062/2))$$

$$P_m = 145.581 \text{ in}$$

$$A = 0.088(145.581) = 12.811 \text{ in}^2$$

$$F_{\max} = 69,580(12.811) = 891,400.76 \text{ Lbf}$$

$$F_r = 0.8(891,400.76) = 713,120.61 \text{ Lbf}$$

Comparando con F de B1.5) donde :

$$F = 3,891.71 \text{ Lbf}$$

se tiene un elevado margen de seguridad.

**NOTA :** Los cálculos realizados sobre soldadura toman en cuenta las geometrías más comunes y las dimensiones mínimas recomendadas en la norma ASME para este tipo de recipientes a presión. (Ref.E).

84) Tipo y cantidad de tornillos para fijar la tapa superior y móvil.

PARA LA TAPA SUPERIOR

$$(7) \quad F* = S(As)^{1/2}/6 \quad \text{Ref. G}$$

F\* = Fuerza aplicada por tornillo. Lbf.

S = Resistencia a la tensión del material del tornillo. psi.

As = Area efectiva del tornillo. in<sup>2</sup>.

#t = Número de tornillos que soportan la tapa.

$$\text{De B1.4) } Ft = 302.690 \text{ Lbf}$$

$$S = 94,000 \text{ psi} \quad \text{Ref. H}$$

$$\text{Si } As = 1.073 \text{ in}^2 \quad \text{Ref. F}$$

aplicando (7):

$$F* = 94,000(1.073)^{1/2}/6$$

$$= 17,413 \text{ Lbf}$$

por lo tanto:

$$\#t = Ft/F*$$

$$= 302,690/17,413$$

$$\#t = 17.38$$

finalmente: #t = 18 .....Tornillos para la tapa

Designación: Hexagonales 1 1/4 in 12 UNF Ref. F.

PARA LA TAPA MOVIL:

$$\text{De B1.5) } Ft = 3,691.71 \text{ Lbf}$$

Suponiendo utilizar 4 tornillos ; uno por cada lado de la tapa.

$$S = 94,000 \text{ psi}$$

$$F_t/\theta t = 3,691.71/4 = F\&$$

$$F\& = 922.93 \text{ Lbf}$$

$$\text{De (7) : } A_s = (6F\&/S)^{1/2}, \text{ in}^2.$$

$$A_s = (6(922.93)/94,000)^{1/2}$$

$$A_s = 0.1514 \text{ in}^2$$

Seleccionando el tornillo adecuado:

1/2 in. 20 UNF

Ref.F

con  $A_s = 0.1599 \text{ in}^2 > 0.1514 \text{ in}^2$

### C) RESISTENCIA DE LA TUBERIA DE ALIMENTACION DE AIRE.

Para la fórmula (1')  $P = 2(t)(S)/Dex$

$$P_1 = 100 \text{ psi}$$

$$P_2 = 33 \text{ psi}$$

$$S = 48,000 \text{ psi}$$

$$Dex = 0.840 \text{ in}$$

$$t = 0.147 \text{ in}$$

Seleccionando la presión mayor como la de referencia: 100 psi

$$P = 2(0.147)(48,000)/0.840$$

$$P = 16,800 \text{ psi}$$

como  $16,800 \gg 100 \text{ psi}$ , la tubería resistirá muy bien la presión interna del aire.

## ANÁLISIS DE MECÁNICA DE FLUIDOS

### A) CERA LÍQUIDA

- a) Fórmulas para el cálculo del coeficiente de pérdida de carga. Ref.R.

$$(I) \text{ Re} = vD/\nu$$

Re = Número de Reynolds.

v = Velocidad del fluido en el conducto de menor diámetro. m/s.

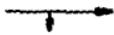
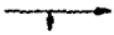
D = Diámetro del conducto. m.

$\nu$  = Viscosidad cinemática. m<sup>2</sup>/s.

#### - PERDIDAS PRIMARIAS ( $\lambda$ )

- i) Si  $\text{Re} < 2,000$  (Flujo Laminar)
- (II) Ecn. Poiseuille  $\lambda = 64/\text{Re}$
- ii) Si  $2,000 < \text{Re} < 100,000$  (Flujo Turbulento)
- (III) Ecn. Blasius  $\lambda = 0.316/\text{Re}^{1/4}$

#### - PERDIDAS SECUNDARIAS ( $\zeta$ )

|   | $\zeta$ |
|---|---------|
| Codo 90°  |         |
| $r/D = 1.0$   | 0.16    |
| $r/D = 0.25$  | 0.40    |
| Te  |         |
|  | 1.0     |
|  | 2.0     |
|  | 1.50    |
| Reducción   | 0.35    |

b) Fórmulas para el cálculo de las pérdidas de carga. Ref.R.

- PERDIDAS PRIMARIAS (Hrp)

(IV) Ecn. Darcy - Weisbach

$$H_{rp} = \lambda L(v)^2 / (2(D)g)$$

Hrp = Pérdida de carga primaria . m.

$\lambda$  = Coeficiente de pérdida de carga primaria

L = Longitud del conducto. m.

v = Velocidad del fluido. m/s.

D = Diámetro del conducto. m.

g = 9.81 m/s<sup>2</sup> Gravedad estandar.

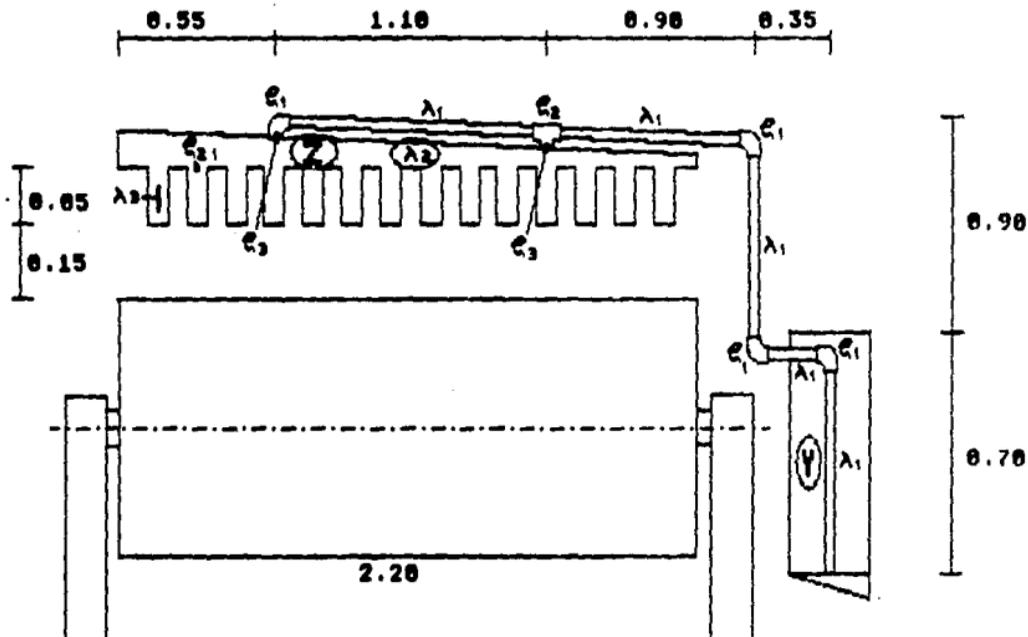
- PERDIDAS SECUNDARIAS (Hrs)

(V) Hrs =  $\zeta v^2 / (2(g))$

$\zeta$  = Coeficiente de pérdida de carga  
secundaria.

Hrs = Pérdida de carga secundaria . m.

( VER CROQUIS ADJUNTO ).



**CROQUIS.** - Del equipo de aspersión de cera líquida con las dimensiones de los conductos y sus coeficientes de pérdida de carga. Acot. en (m).

## CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA.

Parámetros de diseño de la cera líquida:

$$\nu = 4.4 \text{ E-6 m}^2/\text{s} \quad (\text{Viscosidad cinemática})$$

$$\dot{V} = 150.33 \text{ E-6 m}^3/\text{s} \quad (\text{Flujo volumétrico total}).$$

i) Pérdidas primarias: Para  $\lambda_1$

$$D = 0.0158 \text{ m}, \quad A = 196 \text{ E-6 m}^2 \quad (\text{Tubería de } 1/2 \text{ in.})$$

$$L = 0.7 + 0.9 + 0.35 + 0.9 + 1.10 = 3.95 \text{ m}$$

$$\dot{V}/A = v = 0.7668 \text{ m/s}$$

$$Re = vD/\nu = 2,753.51 > 2,000$$

$$\text{De la Ecn. (III)} : \lambda = 0.043623$$

$$\text{De la Ecn. (IV)} : H_{rp1} = 0.3268 \text{ m.}$$

Para  $\lambda_2$  \_\_\_\_\_

A la mitad de la canaleta en la sección B-B del plano 4, para determinar una sección circular equivalente. Por medición directa en el plano de detalle de esta sección:

$$\text{Perímetro} = \pi(D_{eq}) = 10.61 \text{ cm}$$

$$D_{eq} = 3.44 \text{ E-2 m}, \quad A = 929.41 \text{ E-6 m}^2$$

$$v = 0.1617 \text{ m/s}, \quad L = 2.20 \text{ m}$$

$$Re = 1,264.58 < 2,000$$

$$\text{De la Ecn. (II)} : \lambda = 0.0506$$

$$\text{De la Ecn. (IV)} : H_{rp2} = 0.0043 \text{ m.}$$

Para  $\lambda_3$  \_\_\_\_\_

$$D = 9.2458 \text{ E-3 m}, \quad A = 67.1367 \text{ E-6 m}^2 \quad (\text{Tubería de } 1/4 \text{ in.})$$

$$L = 14(0.05) = 0.70 \text{ m}$$

$$v = 0.1599 \text{ m/s}$$

$$Re = 335.94 < 2,000$$

De la Ecn. (III):  $\lambda = 0.19051$

De la Ecn. (IV) :  $H_{rp3} = 0.7382 \text{ m}$

ii) Pérdidas secundarias : Para  $\zeta_1$ ,

$$\zeta_1 = 2(0.4) + 2(0.16) = 1.12$$

$$v = 0.7668 \text{ m/s}$$

De la Ecn. (V):  $H_{rs1} = 0.0336 \text{ m}$

Para  $\zeta_2 = 2.0$

$$v = 0.7668 \text{ m/s}$$

De la ecn. (V):  $H_{rs2} = 0.06 \text{ m}$

Para  $\zeta_{21} = 1.0$  ,  $\zeta_{211} = 14(1) = 14$

$$v = 0.1599 \text{ m/s}$$

De la ecn. (V):  $H_{rs21} = 0.018 \text{ m}$

Para  $\zeta_3 = 1.5$  ,  $\zeta_{31} = 2(1.5) = 3$

$$v = 0.3834 \text{ m/s}$$

De la ecn. (V):  $H_{rs3} = 0.0224 \text{ m}$

Por lo tanto:  $H = 1.2033 \text{ m} \dots \text{PERDIDA TOTAL DE CARGA} \dots$

Cálculo de la presión necesaria en el segundo depósito para bombear la cera.

Aplicando la ecn. de Bernoulli:

$$(VI) \quad P_1/\rho g + h_1 + v_1^2/2g - H = P_2/\rho g + h_2 + v_2^2/2g$$

$$P_2 = P_1 + \rho g(h_1 - h_2) + \rho(v_1^2 - v_2^2)/2 + H\rho g$$

donde:

$P_2$  = Presión neumática en el segundo recipiente del depósito de cera líquida.  $\text{N/m}^2$ .

$P_c$  = Presión necesaria dentro de la canaleta.  
N/m<sup>2</sup>.

$\rho$  = Densidad de la cera . kg/m<sup>3</sup>.

$g$  = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$(h_1 - h_2)$  = Diferencia de alturas de la columna de la cera líquida.

$v_1$  = Velocidad de desalojo de la cera líquida dentro del depósito . m/s.

$v_2$  = Velocidad promedio de la cera líquida durante la distribución dentro de la canaleta, hacia los tubos de las boquillas. m/s.

$H$  = Pérdida total de carga en los ductos. m.

Cálculo de  $v_1$ :

$$\dot{V}_1 = 150.33 \text{ E-6 m}^3/\text{s}$$

$$A_1 = 0.540 \text{ m}^2$$

$$v_1 = \dot{V}_1 / A_1 = 278.57 \text{ E-6 m/s}$$

Aplicando la ecn. (VI):

$$P_c = 187,500 \text{ N/m}^2$$

$$\rho g h = 14,350.70 \text{ N/m}^2$$

$$\rho (v_1^2 - v_2^2) / 2 = 914.29 ((0.1817)^2 - (278.57 \text{ E-6})^2) / 2$$

$$= 11.953 \text{ N/m}^2$$

$$H = 1.2033 \text{ m}$$

$$H \rho g = 10,792.82 \text{ N/m}^2$$

por lo tanto:

$$P_1 = 212,655.27 \text{ N/m}^2$$

$$= 2.127 \text{ Bar}$$

$$= 2.169 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 30.85 \text{ psi}$$

La cual es la presión máxima necesaria dentro del segundo recipiente de cera para poderla aplicar líquida al papel a través de las boquillas y cumplir con sus condiciones de diseño dadas por el fabricante.

#### ANÁLISIS TÉCNICO.

A) Aislamiento de los elementos del sistema.

Selección del aislamiento:

| Aislamiento                  | K<br>(Btu/hrft <sup>2</sup> F) | Equipo     |
|------------------------------|--------------------------------|------------|
| Fibra de vidrio              | 0.027                          | Tubería    |
| Lana mineral                 | 0.0225                         | Recipiente |
| Lámina de aluminio<br>cal.32 | 123.21                         | Ambos      |

Espesor del aislante (ver ANEXO Tablas E y F).

Para la tubería de 2 1/2 in  $x = 1.5$  in

Para el recipiente : 48 in  $x = 2.0$  in

B) Rapidez de calentamiento del sistema:

Planteamiento del problema. Dadas las condiciones de trabajo al inicio de la operación del sistema, durante su circulación, el vapor cede su calor a las paredes metálicas de la tubería y del recipiente, las cuales lo absorben en un determinado tiempo. Por lo tanto este cálculo se basará en un balance de energías para determinar el tiempo de calentamiento del sistema para fundir la cera.

Condiciones y parámetros de diseño.

Vapor:

$$P = 150 \text{ psi}$$

$$T = 358 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$v = 3,450 \text{ ft/min}$$

ANEXO B).

$$m = 2,450 \text{ Lbm/hr}$$

ANEXO B).

$$h_c = 1,000 \text{ Btu/hrft}^2\text{ }^\circ\text{F}$$

Tubería:

$$D_{nom} = 2 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$D_{nom} = 1/2 \text{ in}$$

$$D_{ex} = 2.875 \text{ in}$$

$$A_{ex} = 0.554 \text{ in}^2$$

$$D_{in} = 2.469 \text{ in}$$

$$e = 0.203 \text{ in}$$

$$A_{in} = 4.788 \text{ in}^2$$

$$K = 26 \text{ Btu/hrft}^2\text{ }^\circ\text{F/ft}$$

Recipiente:

Debido a la geometría que en un corte vertical se obtiene del espacio por donde pasa el vapor en el recipiente a presión, es necesario obtener una sección circular equivalente con igual área transversal al flujo del mismo.

$$\begin{aligned} D_{eq} &= 8.008 \text{ in} \\ L_{eq} &= 74.232 \text{ in} \\ A_{eq} &= 50.372 \text{ in}^2 \\ V_{eq} &= 3.739.238 \text{ in}^3 \end{aligned}$$

Cálculo de los coeficientes de transferencia.

Para el tubo horizontal cuya condensación del vapor es del tipo película:

$$h_o = 0.725(k_f \rho_f g \Delta t / (D \mu_f))^{0.25} \quad \text{Ref.C}$$

$$t_{s,s} = 358 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_{c,s} = 80 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\Delta t = t_{s,s} - t_{c,s} = 278 \text{ } ^\circ\text{F}$$

los parámetros indicados con subíndice f indican que deben ser obtenidos a temperatura t, donde:

$$t_f = t_{s,s} - 0.75(t_{s,s} - t_{c,s})$$

$$t_f = 358 - 0.75(278) = 149.5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$k_f = 0.382 \text{ Btu/hrft}^2\text{ } ^\circ\text{F} \quad \text{Ref.C}$$

$$\rho_f = 61.2 \text{ Lbm/ft}^3 \quad "$$

$$\mu_f = 1.055 \text{ Lbm/hrft} \quad "$$

$$A_{f,s} = h_{f,s} = 861 \text{ Btu/Lbm} \quad "$$

$$g = 32.2 \text{ ft/s}^2$$

a) Si  $D = 2.469/12 \text{ ft}$  para el Din de la tubería de 2 1/2 in:

$$h_o = 0.725[(0.382)^2(61.2)^2(32.2)(861)]^{0.25} / [(2.469/12)(1.055)(278)]^{0.25}$$

$$h_{o,s} = 12.759 \text{ Btu/hrft}^2\text{ } ^\circ\text{F}$$

b) Si  $D = 0.840/12 \text{ ft}$  para el Dex de la tubería de 1/2 in:

$$h_o = 0.725[(0.382)^2(61.2)^2(32.2)(861)]^{0.25} / [(0.840/12)(1.055)(278)]^{0.25}$$

$$h_{o,s} = 16.706 \text{ Btu/hrft}^2\text{ } ^\circ\text{F}$$

Cálculo de resistencias térmicas:

$$R_{\text{superf. ext.}} = 1/(h_c \dots T_1 D_o)$$

$$= 1/((12.759(T_1))(2.469/12)) = 0.1213 \text{ hrft}^2\text{F/Btu}$$

$$R_{\text{superf. int.}} = 1/(h_c \dots T_1 D_o)$$

$$= 1/((16.706(T_1))(0.84/12)) = 0.2722 \text{ hrft}^2\text{F/Btu}$$

$$R_{\text{acebo ext.}} = \pi/(k(T_1)D_o)$$

$$= (0.203/12)/(26(T_1)2.875/12) = 864.44 \text{ E-6 hrft}^2\text{F/Btu}$$

$$R_{\text{acebo int.}} = \pi/(k(T_1)D_o)$$

$$= (0.147/12)/(26(T_1)0.84/12) = 2.1425 \text{ E-3 hrft}^2\text{F/Btu}$$

$$R_{\text{aislante}} = \pi/(k(T_1)D_o) \quad D_o = (D_{o2} - D_{o1})/\ln(D_{o2}/D_{o1})$$

$$D_o = ((5.875 - 2.875)/12)/\ln(5.875/2.875) = 0.350 \text{ ft}$$

$$R_{\text{aislante}} = (1.5/12)/(0.027(T_1)0.350) = 4.21045 \text{ hrft}^2\text{F/Btu}$$

$$R_{\text{superficie}} = 1/((h_c + h_a)(T_1)D_o)$$

$$\text{Si } T = 50^\circ\text{F y NPS} = 6 \text{ in, } (h_c + h_a) = 1.8 \text{ Ref.C}$$

$$R_{\text{superficie}} = 1/(1.8(T_1)(5.875/12)) = 0.3612 \text{ hrft}^2\text{F/Btu}$$

Finalmente:

$$R_{\text{total}} = 1/U = 4.9681 \text{ hrft}^2\text{F/Btu}$$

por lo que:

$$U_{\text{total}} = 0.2013 \text{ Btu/hrft}^2\text{F} \dots \text{Coeficiente térmico total de la tubería} \dots$$

-Cálculo del flujo de calor en la tubería.

$$q = U(T_{o1} - T_{o2}) = U\Delta T$$

$$= 0.2013(278) = 55.957 \text{ Btu/hrft}$$

El cual es el calor que disipa el vapor y adquiere la tubería y el aislante.

- Cálculo del tiempo de transferencia.

Para determinar el tiempo de transferencia de calor durante el que se obtiene un  $\Delta T = 1$  'F entre el vapor y la pared externa del tubo de 2 1/2 in:

$$(*) \quad \dot{q} = [q/\Delta t]_{\text{vapor}} = [(1/(R_{\text{vapor}} + R_{\text{acero}}))\Delta T/\Delta t]_{\text{acero}}$$

para el vapor:  $q = \dot{q}(\Delta t)$

donde:

$$\dot{q} = 55.957 \text{ Btu/hrft}$$

$\Delta t = L/v_{\text{vapor}}$  : tiempo en el que el vapor recorre toda la longitud de la tubería a velocidad  $v$  por su espacio anular.

$L = 176/12 = 14.667 \text{ ft}$  . Longitud de la tubería de 2 1/2 in.

$$v_{2.5} = 3.450 \text{ ft/min (ver ANEXO B)}$$

$$A_{\text{anular}} = 4.234 \text{ in}^2$$

$$V_{\text{anular}} = 3.901.42 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$= 234.085 \text{ ft}^3/\text{hr}$$

por lo tanto:

$$\Delta t = 62.655 \text{ E-6 hr}$$

para el acero:

$$\begin{aligned} R_{\text{vapor}} + R_{\text{acero}} &= 0.1213 + 0.2722 + 864.44 \text{ E-6} + 2.1425 \text{ E-3} \\ &= 0.39645 \text{ hrft}^2/\text{F/Btu} \end{aligned}$$

$$\Delta T = T_{\text{vapor}} - T_{\text{acero}}$$

$$= 358 - 357 = 1 \text{ 'F}$$

de la ecn. (\*):  $\Delta t_{\text{acero}} = (\Delta t_{\text{vapor}} q_{\text{vapor}}) (R_{\text{vapor}} + R_{\text{acero}}) / \Delta T \dots (*)$

por lo tanto:

$$\Delta t_{\text{accso}} = 62.655 \text{ E-6}(55.957)(0.39645)/1$$

$$= 1.38995 \text{ E-3 hr}$$

$\Delta t_{\text{accso}} = 5 \text{ seg} \dots \dots$  Tiempo para calentar la tubería...

Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor en el recipiente a presión cuyas paredes internas son verticales permitiendo una condensación de tipo película.

$$(**) \quad h_a = 0.943[k, \rho, g\lambda / (L\mu, \Delta T)]^{1/4} \text{ Btu/hrft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \quad \text{Ref.C}$$

donde:

$$T_s = T_{\text{sat}} - 0.75(T_{\text{sat}} - T_{\text{amb}}) \text{ } ^\circ\text{F.}$$

$$\Delta T = T_{\text{sat}} - T_{\text{amb}} \text{ } ^\circ\text{F.}$$

$k_s$  = Conductividad térmica del agua a  $T_s$ .  
(Btu/hrft<sup>2</sup>°F)

$\rho_s$  = Densidad del agua a  $T_s$ . Lbm/ft<sup>3</sup>.

$$g = 32.2 \text{ ft/seg}^2$$

$$= 417.312 \text{ E8 ft/hr}^2$$

$\lambda$  = Entalpia de condensación a  $T_{\text{sat}}$ . Btu/Lbm.

$L$  = Altura de las paredes. ft.

$\mu_s$  = Viscosidad absoluta del condensado. Lbm/hrft.

$$\Delta T = 358 - 80 = 278 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ ya que :}$$

$$T_{\text{sat}} = 358 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ a } P = 150 \text{ psi}$$

$$T_{\text{amb}} = 80 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ (ambiente).}$$

$$T_s = 358 - 0.75(278) = 149.5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Propiedades a  $T_s$  :

Ref.C

$$k_s = 0.382 \text{ Btu/hrft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\rho_s = 61.2 \text{ Lbm/ft}^3$$

$$\mu_s = 1.055 \text{ Lbm/hrft}$$

a  $T_{\text{amb}} = 358 \text{ } ^\circ\text{F}$  :

Ref.C

$$\lambda = 861 \text{ Btu/Lbm}$$

$$L = 38.5 \text{ in} = 3.2083 \text{ ft}$$

Sustituyendo valores en la ecn. (\*\*):

$$h_a = 0.943[(0.382)^2(61.2)^2(417.312E6)(861)/(3.21(1.055)(278))]^{1/4}$$

$$h_a = 501.08 \text{ Btu/hrft}^2\text{ } ^\circ\text{F}$$

Cálculo de las resistencias térmicas.

Características físicas del recipiente:

$$D_{\text{ext}} = 52 \text{ in}$$

$$D_o = 47.75 \text{ in}$$

$$D_i = 46.528 \text{ in}$$

$$x_{\text{ext}} = 0.125 \text{ in}$$

$$x_{\text{int}} = 0.125 \text{ in}$$

$$k_{\text{acero}} = 26 \text{ Btu/hrft}^2\text{ } ^\circ\text{F}$$

$$x_{\text{isol}} = 2 \text{ in}$$

$$k_{\text{isol}} = 0.0225 \text{ Btu/hrft}^2\text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{vapores}} &= 1/(h_a(\pi)D_o) \\ &= 1/(501.08(\pi)(47.75/12)) \\ &= 159.643 \text{ E-6 hrft}^2\text{ } ^\circ\text{F/Btu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{paredes}} &= 1/(h_a(\pi)D_i) \\ &= 1/(501.08(\pi)(46.528/12)) \\ &= 163.836 \text{ E-6 hrft}^2\text{ } ^\circ\text{F/Btu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{acero}} &= x_{\text{ext}}/(k_{\text{ac}}(\pi)D_o) \\ &= 0.125/(26(\pi)47.75) \\ &= 32.049 \text{ E-6 hrft}^2\text{ } ^\circ\text{F/Btu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{acero}} &= x_{12} / (k_{12} (\pi) D_{12}) \\
 &= 0.125 / (26 (\pi) 46.528) \\
 &= 32.891 \text{ E-6 hrft}^2\text{/F/Btu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{aislante}} &= x_{23} / (k_{23} (\pi) D_{23}) \\
 &= 2 / (0.0225 (\pi) 52) \\
 &= 544,119.46 \text{ E-6 hrft}^2\text{/F/Btu}
 \end{aligned}$$

$$R_{\text{vapor}} = 1 / ((h_c + h_a) (\pi) D_{23})$$

con  $\Delta T = 50 \text{ }^\circ\text{F}$  y  $D_{23} = 52 \text{ in}$ ,  $h_c + h_a = 1.64$  Ref.C

$$\begin{aligned}
 &= 1 / (1.64 (\pi) 52 / 12) \\
 &= 44,790.32 \text{ E-6 hrft}^2\text{/F/Btu}
 \end{aligned}$$

$$R_{\text{total}} = 1/U = 0.5892982 \text{ hrft}^2\text{/F/Btu}$$

$$U = 1.6969 \text{ Btu/hrft}^2\text{F} \dots \text{Coef. total de transferencia del recipiente} \dots$$

Cálculo del flujo de calor.

$$\begin{aligned}
 \dot{q} &= U (T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}) \\
 &= 1.6969 (278) = 471.75 \text{ Btu/hrft}
 \end{aligned}$$

Para aplicar la fórmula (\*1):

$$\dot{q} = 471.75 \text{ Btu/hrft}^2\text{F}$$

Para el vapor:

$$\begin{aligned}
 \Delta t_{\text{vapor}} &= L_{23} / v_{23} \\
 &= (74.232 / 12) / 19,671.98 \\
 &= 314.39 \text{ E-6 hr}
 \end{aligned}$$

Para el acero:

$$R_{\text{vapor}} + R_{\text{acero}} = 388.4186 \text{ E-6 hrft}^2\text{/F/Btu}$$

$$\Delta T = 1 \text{ }^\circ\text{F}$$

aplicando la ecn. (\*1):

$$\Delta t = 314.39 \text{ E-6} (471.75) (388.4186 \text{ E-6}) / 1$$

$$= 57.608 \text{ E-6 hr}$$

$$= 0.2074 \text{ seg .....Tiempo para calentar el recipiente..}$$

#### **TIEMPO DE CALENTAMIENTO DEL SISTEMA.**

A partir de los cálculos anteriores; si a la tubería le toma 5 segundos y al recipiente 0.2074 segundos para estar en condiciones de operación en total se necesitan teóricamente 5.2 segundos para calentar el sistema a partir del momento en que fluye el vapor por la tubería correspondiente.

Finalmente, Para calentar totalmente el sistema y para garantizar que toda la cera contenida en el mismo se encuentre en estado líquido, se recomienda iniciar su calentamiento 10 minutos antes de el momento de aplicar por aspersión la cera al papel.

## MODO DE OPERACION DEL SISTEMA DE ASPERSION

Antes de llevar a cabo la aspersion de la cera liquida se debe calentar este sistema mediante los conductos de vapor. Para ello se debe llevar a cabo la siguiente secuencia:

- 1) Abrir la válvula de expulsión de la trampa de vapor para extraer el condensado.
- 2) Abrir paulatinamente la válvula de suministro de vapor al sistema.
- 3) Agregar los bloques de cera necesarios al primer recipiente.
- 4) Esperar 10 minutos para que se caliente por completo el sistema.
- 5) Cerrar herméticamente la tapa móvil del primer recipiente.
- 6) Controlar la presión del aire en el segundo recipiente de acuerdo con la velocidad de avance del papel.  
(ver ANEXO C.)
- 7) Abrir la válvula neumática del primer recipiente hasta lograr que en éste existan 2 psi por encima del valor de presión registrado en el segundo recipiente; para conducir la cera liquida del primero al segundo recipiente.

Bajo estas circunstancias lo único que resta es mantener un control manual del suministro de cera liquida mediante la válvula neumática del primer recipiente. Y también mantener una alimentación manual de los bloques de cera cada 40 minutos si es que el papel avanza ininterrumpidamente a máxima velocidad.

### MANTENIMIENTO RECOMENDADO

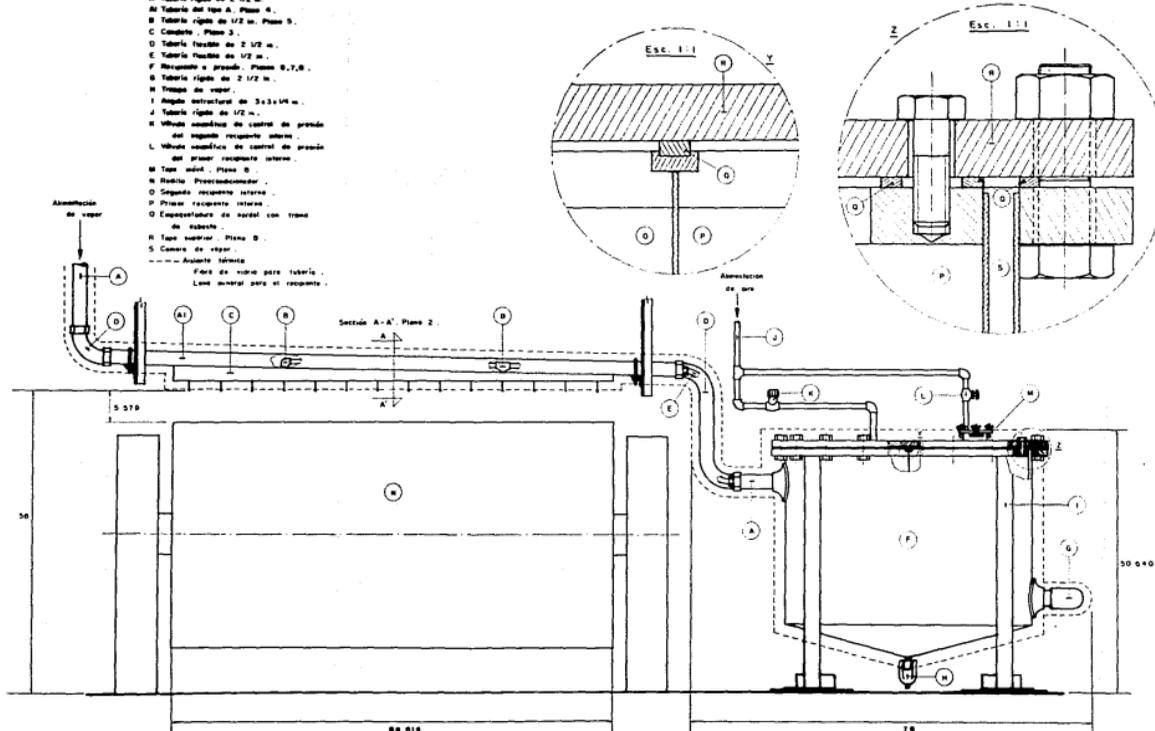
- 1) Durante el inicio de la aspersión de la cera líquida verificar que no haya obstrucción alguna en las boquillas.
- 2) Cada ocho días verificar la ausencia de fugas tanto de vapor como de aire en los accesorios y la tubería respectivos.
- 3) Checar que exista un sello hermético en el recipiente a presión.
- 4) Confirmar el buen estado del aislante térmico del sistema.
- 5) Cada inicio de operación verificar el buen funcionamiento de la trampa de vapor.

**OBSERVACIONES SOBRE EL CONTROL AUTOMATICO DE LA PRESION NEUMATICA  
EN EL SEGUNDO RECIPIENTE.**

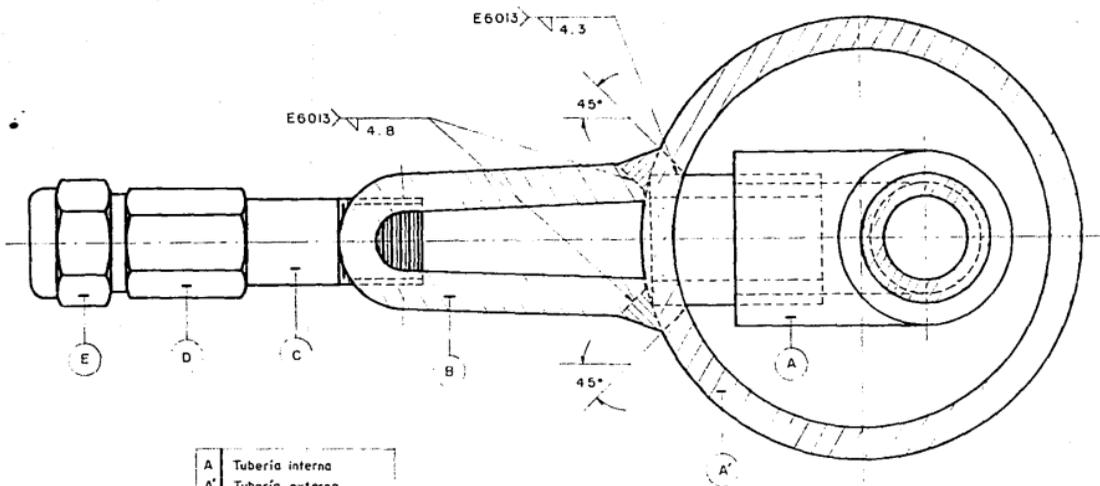
La automatización de la aplicación de la cera líquida, involucra la utilización de una válvula neumática gobernada eléctricamente, para controlar la presión en el segundo recipiente de una manera proporcional a la variación de la velocidad del papel medium. Dicha válvula además debe poseer la característica de facilitar el desalojo del aire a presión que excede a su presión de referencia, dado por el control eléctrico.

Debido a la limitante comercial en cuanto a la ausencia de esta válvula en el mercado con esas características; de momento se llevará a cabo un control de presión neumática manual; utilizando para ello una válvula sin la característica de ser gobernada eléctricamente y la cual está indicada en el plano de conjunto.

- A. Tubo rígido de 2 1/2 m.
  - A1 Tubo del tipo A, Plano 3.
  - B. Tubo rígido de 1/2 m. Plano 3.
  - C. Conector, Plano 3.
  - D. Tubo flexible de 2 1/2 m.
  - E. Tubo flexible de 1/2 m.
  - F. Manguito a presión, Plano 3, T.O.
  - G. Tubo rígido de 2 1/2 m.
  - H. Trinquete de vapor.
  - I. Anillo estructural de 3x3x14 m.
  - J. Tubo rígido de 1/2 m.
  - K. Válvula automática de control de presión del segundo recipiente interno.
  - L. Válvula automática de control de presión del primer recipiente interno.
  - M. Tapa móvil, Plano B.
  - N. Rodillo Precondensador.
  - O. Segundo recipiente interno.
  - P. Primer recipiente interno.
  - Q. Espesador de papel con trazo de rebote.
  - R. Tapa superior, Plano B.
  - S. Cámara de vapor.
- Anillo térmico  
 ---- Faja de vapor para tubería.  
 - - - Línea auxiliar para el recipiente.

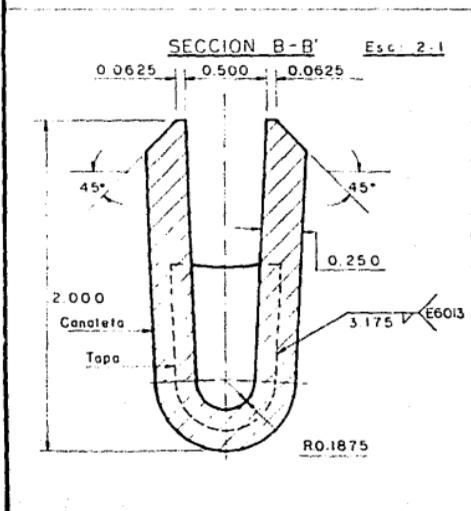
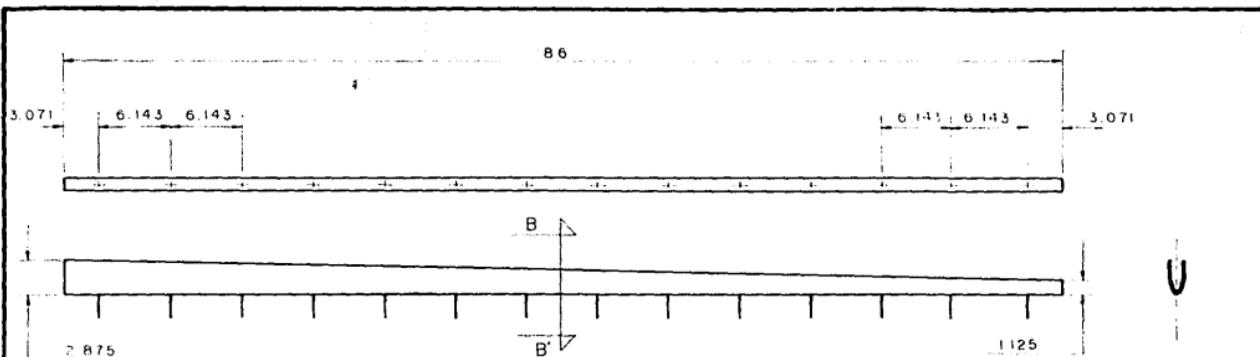


|       |                                     |            |
|-------|-------------------------------------|------------|
| Nº 1  | Plano CONJUNTO                      | Escala 1:8 |
| Plazo | SISTEMA DE ASPERSON DE CERA LIQUIDA | Acot. in   |
|       | José AR                             | Oct. '90   |



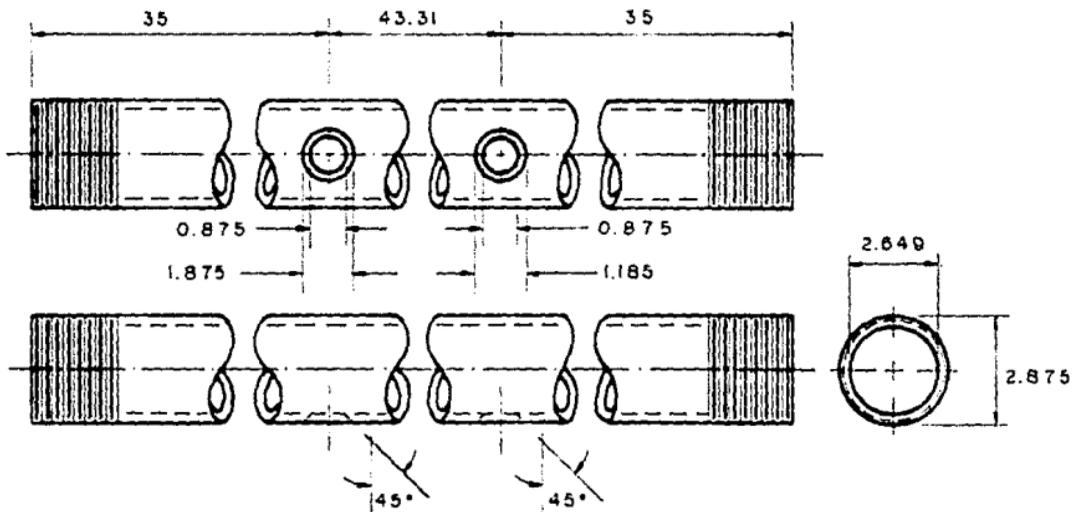
|    |                       |
|----|-----------------------|
| A  | Tubería interna       |
| A' | Tubería externa       |
| B  | Conoleta              |
| C  | Tubo de la boquilla   |
| D  | Cuerpo de la boquilla |
| E  | Boquilla              |

|                     |                |                  |
|---------------------|----------------|------------------|
| Nº 2                | Plano: DETALLE | Escala: 2:1      |
| Pieza: SECCION A-A' |                | Acot. in         |
|                     |                | José AR Oct. '90 |

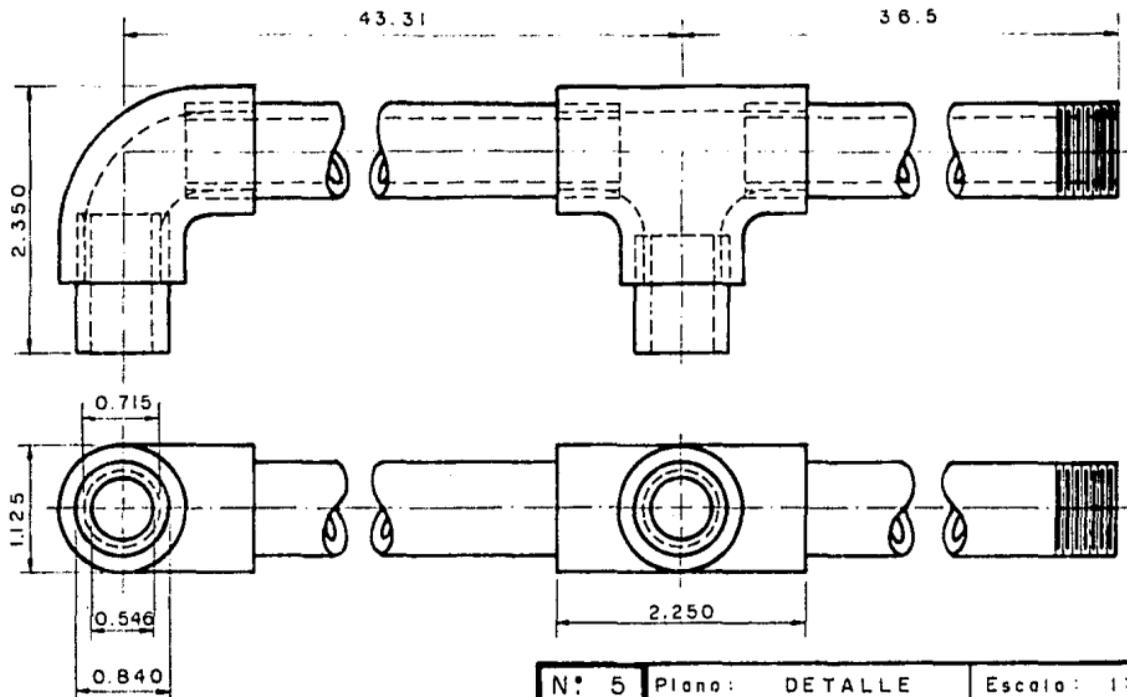


NOTA: Las tapas laterales tendrán la forma del contorno punteado con sus dimensiones respectivas y un espesor de 1/8" soldadas o filete con soldadura eléctrica.

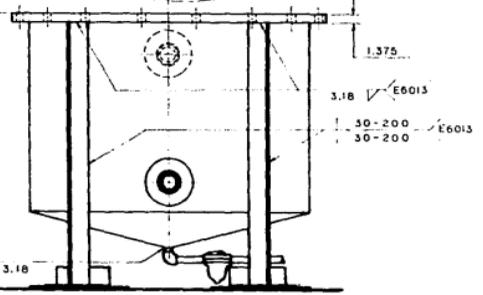
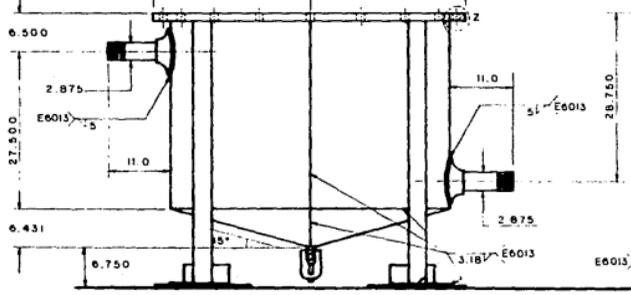
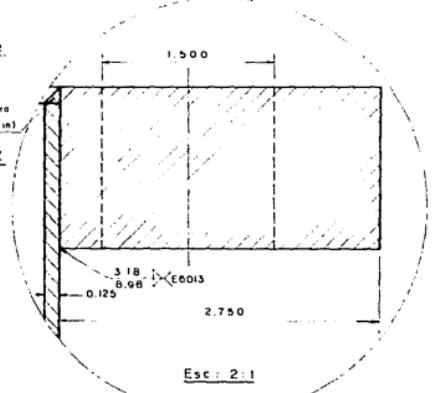
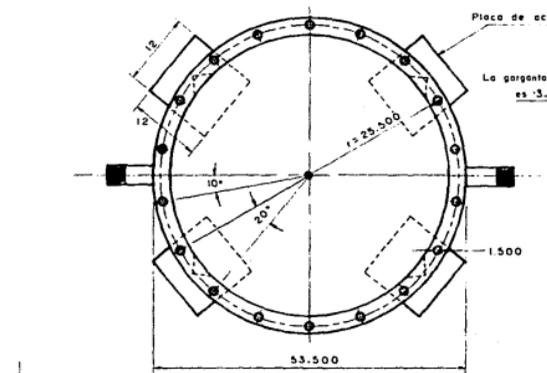
|                 |                |                   |
|-----------------|----------------|-------------------|
| Nº 3            | Plano: DETALLE | Escala: 1:7       |
| Pieza: CANALETA |                | Acot: in          |
|                 |                | Jose' AR Oct. '90 |



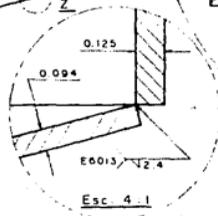
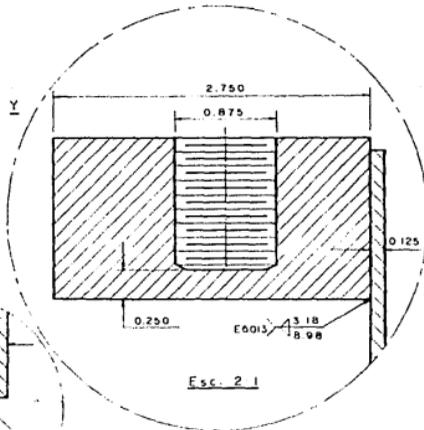
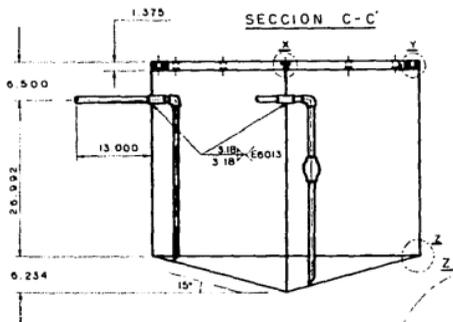
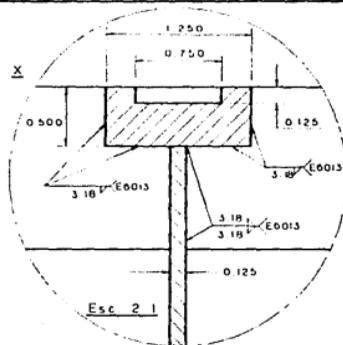
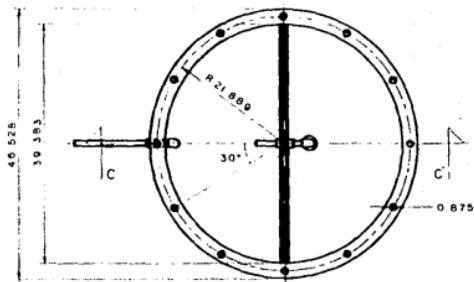
|   |                |                  |
|---|----------------|------------------|
| N° 4                                    | Plano: DETALLE | Escala: 1:2.5    |
| Pieza: TUBO DE ALIMENTACION<br>DE VAPOR |                | Acot: In         |
|   |                | Jose AR Oct. '90 |



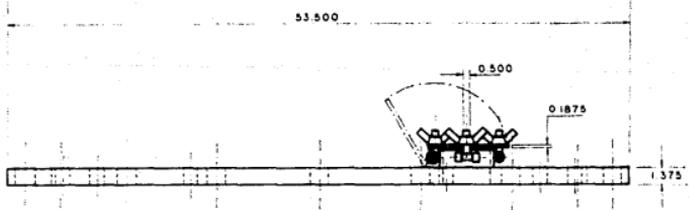
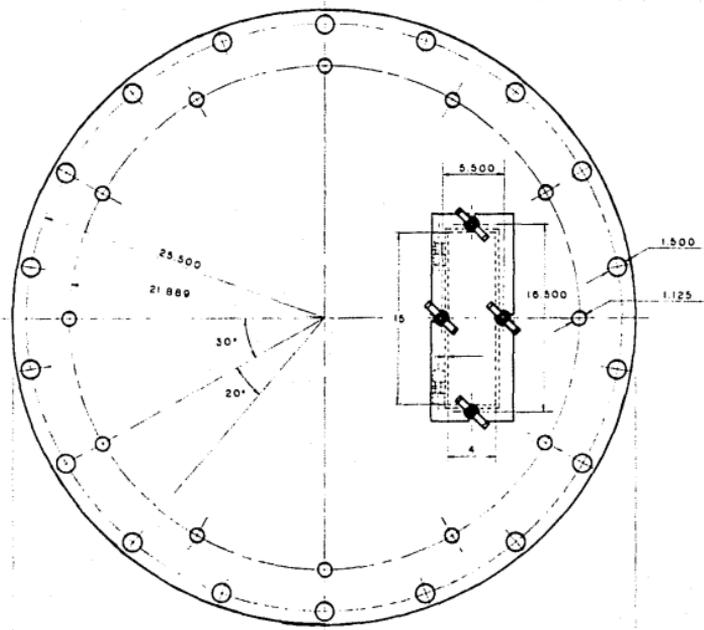
|  |                |                  |
|--|----------------|------------------|
| Nº 5   | Plano: DETALLE | Escala: 1:1      |
| Pieza: TUBERIA INTERNA DE SUMINISTRO DE CERA |                | Acof: in         |
|  |                | Jose'AR Oct. '90 |



|                     |               |                  |
|---------------------|---------------|------------------|
| N° 6                | Plano DETALLE | Escala 1:10      |
| Pieza               |               | Acoí in          |
| RECIPIENTE EXTERIOR |               | José AR Oct. '90 |



|                  |                |                   |
|------------------|----------------|-------------------|
| Nº 7             | Plano: DETALLE | Escala 1:10       |
| Pieza:           |                | Acot. In          |
| DEPOSITO INTERNO |                | Jose' AR Oct. '90 |



|        |                            |          |          |
|--------|----------------------------|----------|----------|
| N° 8   | Plano DETALLE              | Escala   | 1 : 5    |
| Pieza: | TAPA DE LOS<br>RECIPIENTES | Acat.    | in       |
|        |                            | Jose' AR | Oct. '90 |

## VII. CONCLUSIONES.

En virtud del análisis, de la forma y el contenido esencial de esta tesis, se observa que la función del Ingeniero Mecánico en el mantenimiento industrial de la industria cartonera es la de conjugar armoniosamente los recursos humanos como los recursos materiales para atender los diferentes sistemas técnicos de la producción.

Su función la lleva a cabo seleccionando y diseñando aquellos aspectos técnicos cuya importancia de funcionamiento y prioridad de atención le indican las estrategias, métodos y técnicas más apropiadas para aprovechar al máximo los recursos humanos asignados, incluyendo la realización y puesta en marcha de aquellos proyectos y diseños de equipos indispensables para automatizar la mayor cantidad posible de procesos de producción.

El desarrollo del programa de mantenimiento preventivo planteado como objetivo fundamental en esta tesis, se concretó en los dos ejemplos presentados al final del capítulo de factibilidad y modo de aplicación de la computadora al mantenimiento de equipo. En ellos se aprecia el procedimiento adecuado para atender oportunamente al equipo que se indica ahí mismo; con dichos ejemplos se ve la posibilidad de hacer extensiva su aplicación a las diferentes partes del equipo de la máquina de corrugado; estas partes se indican detalladamente en el capítulo de conservación del equipo.

Como se pudo observar, el alcance de la tesis toma en consideración que la preparación de los recursos humanos es imprescindible en cualquier labor de mantenimiento; lo cual puede

ser programado y elaborado con la técnica M-2 propuesta en el capítulo de optimización del trabajo de mantenimiento.

El reflejo de los resultados a obtener con la implantación de un sistema de cómputo, es principalmente llevar un mejor control de las operaciones de mantenimiento realizadas y por realizar en el equipo. También se visualiza como una ayuda para manejar las cuestiones administrativas del propio departamento.

No se puede pasar por alto la necesidad de llevar a través de un control computarizado, la estadística sobre aquellos equipos que por su funcionamiento crítico y por su paro frecuente, ameritan considerarse como equipos de atención prioritaria. Y que para su oportuna y adecuada atención se desarrolle un plan de trabajo.

Visualizando de manera general el capítulo de rediseño de partes mecánicas; en el se lleva a cabo el diseño de un sistema de aspersión de cera líquida, que surge de la necesidad de poseer un sistema bien establecido que pudiera ser controlado por el mismo operador del "Single Facer". Se da la solución a esta necesidad utilizando al vapor como elemento calefactor, y al aire comprimido confinado en un recipiente como elemento motriz para hacer conducir a la cera líquida por los conductos apropiados hasta las boquillas de aspersión.

Para desarrollar este diseño, se recopiló la mayor cantidad de información técnica disponible, de sus diferentes elementos constitutivos existentes en el mercado; además se aplicaron tanto los conceptos y las fórmulas de resistencia de materiales incluyendo los de la norma ASME para recipientes a presión como

de transferencia de calor y de mecánica de fluidos.

Con lo anterior se establecieron que elementos, con que características y en que forma deberían estar dispuestos para conformar el sistema de aspersión de cera líquida.

Aquí cabe hacer la observación de la importancia que tiene la función del Ingeniero Mecánico; ya que una vez presentada la necesidad de innovar un sistema, éste le da la solución desarrollándola con los elementos disponibles a su alcance.

Finalmente, se concluye que se logró el objetivo inicial, haciendo énfasis sobre la importancia de preparar y crear un ambiente de trabajo cómodo, en el que el elemento humano participe en armonía con su medio ambiente.

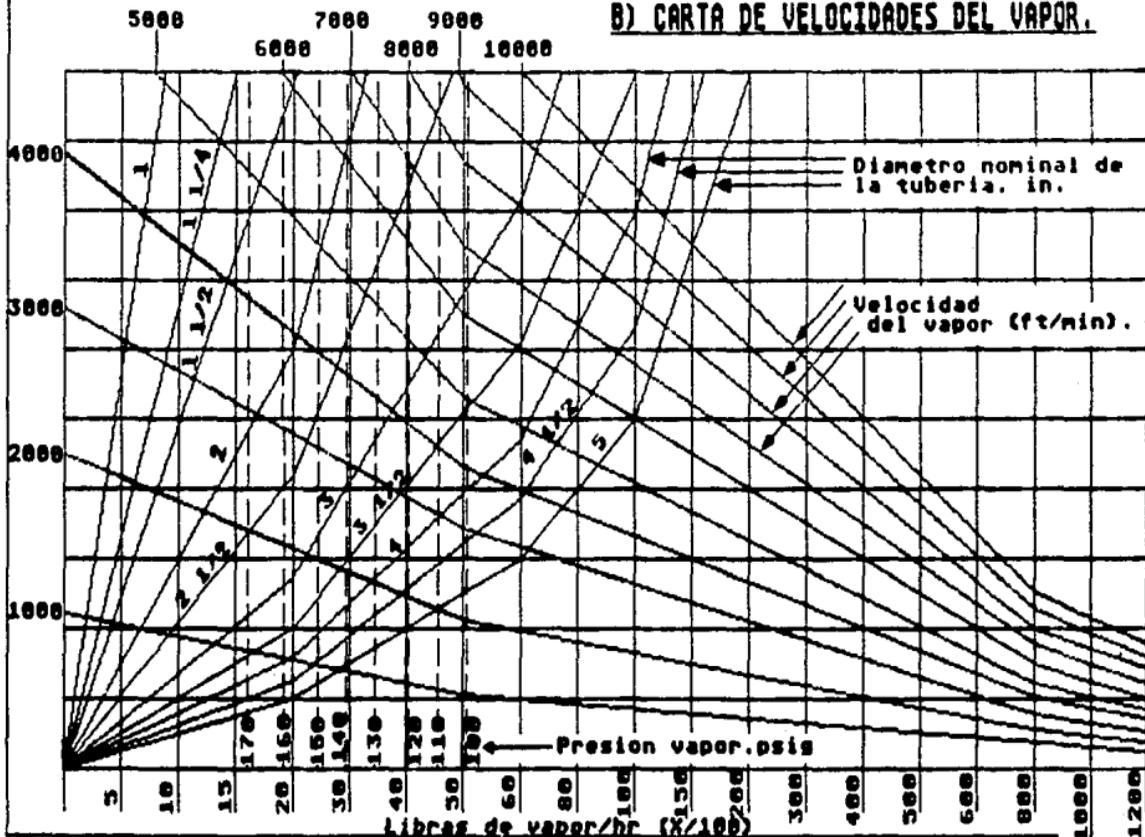
## VIII. ANEXO

|   |       |
|---|-------|
| A) Tabla B4): Boquillas Spraying Sistem Co.   | Ref.O |
| B) Carta de velocidades del vapor             | Ref.A |
| C) Tabla de relaciones velocidad - Pasa       | .     |
| D) Tabla de empaquetaduras                    | Ref.E |
| E) Carta del espesor de aislante para tubería | Ref.A |
| F) Tabla de espesor de aislante para equipo   | Ref.A |

# A) DATOS TECNICOS :

| Orificios<br>UNIJET<br>(TG) | Tamaño | Diametro<br>nom.<br>orificio mm | Diametro<br>max.<br>paso<br>libra<br>mm. | CAPACIDAD<br>(Litros por minuto) |            |            |          |          |          |          |          |          |           | ANGULO DE<br>ASPERSION |            |          |
|-----------------------------|--------|---------------------------------|--|----------------------------------|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------------------|------------|----------|
|                             |        |                                 |  | 0.5<br>bar                       | 0.7<br>bar | 1.5<br>bar | 2<br>bar | 3<br>bar | 4<br>bar | 5<br>bar | 6<br>bar | 7<br>bar | 10<br>bar | 0.5<br>bar             | 1.5<br>bar | 6<br>bar |
| 1/8"                        | 1      | 0.89                            | 0.64                                     | -                                | .38        | .54        | .62      | .74      | .85      | .94      | 1.0      | 1.1      | 1.3       | -                      | 58         | 53       |
|                             | 1.5    | 1.2                             | 0.64                                     | .49                              | .57        | .81        | .93      | 1.1      | 1.3      | 1.4      | 1.5      | 1.7      | 1.9       | 52                     | 65         | 59       |
|                             | 2      | 1.2                             | 1.0                                      | .65                              | .76        | 1.1        | 1.2      | 1.5      | 1.7      | 1.9      | 2.0      | 2.2      | 2.6       | 43                     | 50         | 46       |
|                             | 3      | 1.5                             | 1.0                                      | .98                              | 1.1        | 1.6        | 1.9      | 2.2      | 2.5      | 2.8      | 3.1      | 3.3      | 3.9       | 52                     | 65         | 59       |
|                             | 3.5    | 1.6                             | 1.3                                      | 1.1                              | 1.3        | 1.9        | 2.2      | 2.6      | 3.0      | 3.3      | 3.6      | 3.9      | 4.5       | 43                     | 50         | 46       |
|                             | 3.9    | 2.0                             | 1.0                                      | 1.3                              | 1.5        | 2.1        | 2.4      | 2.9      | 3.3      | 3.7      | 4.0      | 4.3      | 5.1       | 77                     | 84         | 79       |
|                             | 5      | 2.0                             | 1.3                                      | 1.6                              | 1.9        | 2.7        | 3.1      | 3.7      | 3.2      | 4.7      | 5.1      | 5.5      | 6.5       | 52                     | 65         | 59       |
|                             | 6.1    | 2.3                             | 1.3                                      | 2.0                              | 2.3        | 3.3        | 3.8      | 4.5      | 5.2      | 5.7      | 6.2      | 6.7      | 7.9       | 69                     | 74         | 68       |
| 1/4"                        | X 0.3  | 0.51                            | 0.41                                     | -                                | -          | .16        | .19      | .22      | .25      | .28      | .31      | .33      | .39       | -                      | 50         | 61       |
|                             | X 0.4  | 0.56                            | 0.46                                     | -                                | -          | .22        | .25      | .30      | .34      | .38      | .41      | .44      | .52       | -                      | 56         | 63       |
|                             | X 0.5  | 0.61                            | 0.51                                     | -                                | -          | .27        | .31      | .37      | .42      | .47      | .51      | .55      | .65       | -                      | 56         | 63       |
|                             | X 0.6  | 0.69                            | 0.51                                     | -                                | -          | .32        | .37      | .45      | .51      | .57      | .61      | .66      | .78       | -                      | 54         | 62       |
|                             | X 0.7  | 0.76                            | 0.51                                     | -                                | -          | .38        | .43      | .52      | .60      | .66      | .72      | .77      | .91       | -                      | 54         | 63       |
|                             | X 1    | 0.94                            | 0.64                                     | -                                | -          | .54        | .62      | .74      | .85      | .94      | 1.0      | 1.1      | 1.3       | -                      | 58         | 53       |
|                             | X 2    | 1.19                            | 1.0                                      | -                                | .76        | 1.1        | 1.2      | 1.5      | 1.7      | 1.9      | 2.0      | 2.2      | 2.6       | -                      | 50         | 46       |
|                             | X 3    | 1.57                            | 1.0                                      | -                                | 1.1        | 1.6        | 1.9      | 2.2      | 2.5      | 2.8      | 3.1      | 3.3      | 3.9       | -                      | 65         | 59       |
|                             | X 3.5  | 1.70                            | 1.3                                      | -                                | 1.3        | 1.9        | 2.2      | 2.6      | 3.0      | 3.3      | 3.6      | 3.9      | 4.5       | -                      | 58         | 46       |
|                             | X 5    | 2.08                            | 1.3                                      | -                                | 1.9        | 2.7        | 3.1      | 3.7      | 4.2      | 4.7      | 5.1      | 5.5      | 6.5       | -                      | 65         | 59       |
| X 6.5                       | 2.38   | 1.6                             | 2.1                                      | 2.5                              | 3.5        | 4.0        | 4.8      | 5.5      | 6.1      | 6.7      | 7.1      | 8.4      | 45        | 50                     | 46         |          |
| X 10                        | 3.18   | 1.6                             | 3.3                                      | 3.8                              | 5.4        | 6.2        | 7.4      | 8.5      | 9.4      | 10.2     | 11       | 13       | 58        | 67                     | 61         |          |

**B) CARTA DE VELOCIDADES DEL VAPOR.**



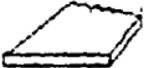
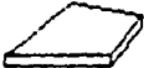
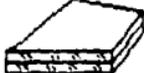
C) TABLA DE RELACIONES:  $v_{\text{PAPIER}} - P_{\text{AIRE}}$  donde la presión está en función de la velocidad.

$v_{\text{PAPIER}}$  : Velocidad del papel medium . m/s.

$P_{\text{AIRE}}$  : Presión neumática del 2o. recipiente . psi.

|             | v    | P     |
|-------------|------|-------|
|             | 1.86 | 41.2  |
| Diseño..... | 1.24 | 27.49 |
|             | 0.62 | 13.7  |
|             | 0.31 | 6.9   |
|             | 0.0  | 0.0   |

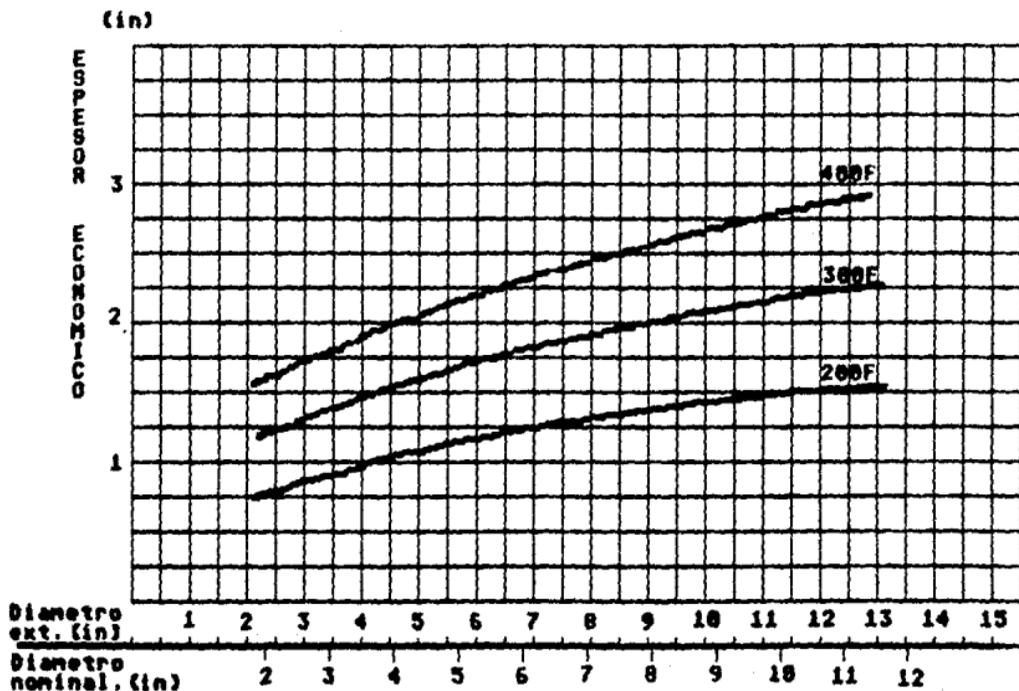
## D) MATERIALES DE EMPAQUETAMIENTO.

| MATERIAL DEL<br>EMPAQUETAMIENTO :   | FACTOR DE<br>EMPAQUETA-<br>MIENTO<br><br>n | ESFUERZO<br>MINIMO DE<br>SELLO<br><br>y | ESQUEMA   |
|---|--|---|---|
| Elastomero con tramado<br>o con alto porcentaje<br>de fibra de asbesto<br>Durometro SHORE: < 75<br>> 76           | 0.50<br>1.00                               | 0<br>200                                |  |
| Asbesto con un compactado<br>adecuado a las condiciones<br>de operacion. Espesor:<br>1/8 in<br>1/16 in<br>1/32 in | 2.00<br>2.75<br>3.50                       | 1600<br>3700<br>6500                    |  |
| Elastomero con una trama<br>tejida de algodón   | 1.25                                       | 400                                     |  |
| Elastómeros con una trama<br>tejida de asbesto, con o<br>sin refuerzo de alambre<br>3 Juegos                      | 2.25                                       | 2200                                    |  |
| 2 Juegos  | 2.50                                       | 2900                                    |  |
| 1 Juegos  | 2.75                                       | 3700                                    |  |

### E) GUIA PARA EL ESPESOR DEL AISLANTE.

| Temperatura<br>°F.                 | Diametro de la tuberia o del equipo, in. |       |       |       |        |
|------------------------------------|--|-------|-------|-------|--------|
|                                    | T  | T     | T     | T, E  | T, E   |
|                                    | 1/4-1 1/2                                | 2-6   | 8-20  | 20-24 | 54-120 |
| Tipo de aislamiento y espesor, in. |  |       |       |       |        |
| -100 a -50                         | 4  | 5-6   | 7-8   | 8-9   | 8-10   |
| -50 a -20                          | 4  | 4-5   | 5-6   | 6-7   | 7-9    |
| -20 a 0                            | 2.5-4                                    | 2.5-4 | 5     | 5-6   | 6-8    |
| 0 a 20                             | 1.7-3                                    | 2.5-4 | 2.5-4 | 4     | 4-6    |
| 20 a 50                            | 1.7-3                                    | 1.7-3 | 1.7-3 | 3     | 3-4    |
| 50 a 100                           | 1.2-2                                    | 1.2-2 | 1.2-2 | 2     | 2      |
| Nota: T, Tuberia; E, Equipo.       |  |       |       |       |        |

## F) ESPESOR ECONOMICO DE AISLANTE PARA TUBERIA.



## IX. BIBLIOGRAFIA

- 1) Douce, Enrique  
La administración en el mantenimiento  
CECSA 4a. Ed. 1987.
- 2) Newbrough  
Administración del mantenimiento industrial  
DIANA
- 3) Lawson, A. Michel  
Applying Work Measurement To Improve Maintenance  
Performance.  
Plant Engineering Vol.40, Num.7 April 1988
- 4) Ahlmann, Hans  
MAINTENANCE EFFECTIVENESS AND ECONOMIC MODELS IN THE  
TEROTECHNOLOGY CONCEPT  
Maintenance Management International  
January 1984.
- 5) Gallimore, K.F. & Penlesky, R.J.  
A FRAMEWORK FOR DEVELOPING MAINTENANCE STRATEGIES  
Production and inventory management journal  
First Quarter, 1988.
- 6) Escore, Emory & Burns, David  
Dynamic scheduling of a preventive maintenance  
programme.  
INT. J. PROD. RES. 1983 VOL.21, No.3.
- 7) Peele, T.T. & Chapman, R.L.  
Determining Maintenance Manpower Requirements  
Plant Engineering . July 1984.

- 8) Peele, T.T. & Chapman, R.L.  
Designing a Maintenance Training Program  
Plant Engineering . August 1987.
- 9) Anónimo  
Computer Aided Maintenance  
Moderns Materials Handling . Feb. 1983.
- A) Vilbrandt & Dryden  
Chemical Engineering Plant Design  
Fourth Edition McGraw Hill
- B) McCabe & Smith  
Unit Operations of Chemical Engineering  
First Edition McGraw Hill
- C) McAdams, William H.  
Heat Transmission  
Third Edition McGraw Hill
- D) Perry's  
Chemical Engineers Handbook  
Sixth Edition McGraw Hill
- E) ASME Boiler and Pressure Vessel Code  
ANSI/ASME BPV-VIII-1  
SECTION VIII "Rules for construction of pressure  
vessels". Division 1. 1977 Edition.
- F) Doughtie & Vallance  
Design of Machine Members  
Fourth Edition McGraw Hill

G) Fairés, V.M.

Diseño de Elementos de Máquinas

Cuarta Edición UTEHA

H) Jastrzebsky, Z.D.

Naturaleza y propiedades de los materiales

Segunda Edición Interamericana

I) Avner, S.H.

Introducción a la metalurgia física

Segunda Edición McGraw Hill

J) Spencer & Dygdon

Dibujo técnico básico

Décima Edición CECSA

K) Manual de tubos de acero TAMSA

L) Manual de soldaduras AW-INFRA

M) Manual de propiedades de los aceros AHMSA

N) Catálogos de trampas de vapor ARMSTRONG

O) Catálogo de boquillas SPRYING SYSTEMS Co.

P) ELKE MAINTENANCE/MANAGEMENT SYSTEMS FOR IBM SYSTEM/34 COMPUTER

R) Mataix, Claudio

Mecánica de fluidos y máquinas térmicas

Segunda Edición HARLA

## INDICE

|   | Pag. |
|---|------|
| I. INTRODUCCION   | 2    |
| II. CONCEPTOS SOBRE MANTENIMIENTO   | 5    |
| III. CONSERVACION DEL EQUIPO  | 13   |
| IV. OPTIMIZACION DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO   | 25   |
| V. FACTIBILIDAD Y MODO DE APLICACION DE LA<br>COMPUTADORA PARA EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO | 47   |
| VI. REDISEÑO DE PARTES MECANICAS  | 60   |
| VII. CONCLUSIONES   | 112  |
| VIII. ANEXO   | 115  |
| IX. BIBLIOGRAFIA  | 122  |