

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

ESCUELA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN FLUIDIFICADOR  
SEMI-INDUSTRIAL”

TRABAJO DE GRADUACION  
PREVIO LA OBTENCION  
DEL TITULO DE  
INGENIERO EN ALIMENTOS

AUTOR: MARCELO CALLE CALLE

DIRECTOR: ING. NESTOR BERNAL R.

CUENCA - ECUADOR

2002

## DEDICATORIA

A DIOS, de quién la bondad la he visto reflejada en mis padres, hermanos y sobrinos,  
y cuyo milagro lo encuentro cada día en mi hijo Isaac Rafael y mi hija en camino,  
bendiciéndome de la mejor compañía mi esposa Cristina.

## AGRADECIMIENTO

A todos aquellos que todavía creen que el mundo puede mejorar,  
y no se cruzan de brazos, sino aportan trabajo cada día con más fe,  
permitiendo que la humanidad viva una esperanza.

## INTRODUCCIÓN

Sólo un conocimiento completo de las ciencias básicas de la industria de los alimentos: química, biología e ingeniería; puede preparar al estudiante para trabajar en la compleja industria de la alimentación de hoy día.

El estudio de la ingeniería de los procesos es un intento de analizar toda clase de procesos físicos por medio de unas cuantas operaciones básicas.

Las operaciones básicas más importantes en la tecnología de los procesos son el flujo de fluidos, la transmisión de calor, la deshidratación, cristalización, evaporación y emulsificación.

La ley de la conservación de la materia dice que la materia no se puede crear ni destruir. Así, en una instalación cualquiera la cantidad total de materia que entra en la instalación ha de ser igual a la cantidad total de materia que sale de la misma más toda la materia que se haya acumulado dentro de ella. Si no hay acumulación, entonces rige la siguiente ley sencilla: “lo que entra ha de salir”.

La ley de la conservación de la energía establece que la energía no se puede crear ni destruir. La energía total contenida en las sustancias que entran en la instalación más la energía añadida a la instalación ha de ser igual a la energía total que sale de la instalación. Si se considera la operación básica, cualquiera que sea su naturaleza, como un conjunto, la materia y energía que entra en la caja ha de ser igual a la que sale de ella.

Utilizando balances de materia y balances de energía se puede imaginar cualquier proceso ingenieril como una unidad o una serie de unidades. Esta unidad es lo que denominamos operación básica y se puede representar en forma de bloque independiente. En el bloque entran materias primas y energía y salen los productos deseados y productos no buscados. Los aparatos que integran el bloque hacen posibles los cambios requeridos, de tal forma que haya la menor cantidad de pérdidas posibles. Es decir, se requiere que haya un máximo de productos deseados y un mínimo de productos indeseables. El control del proceso se realiza regulando el flujo de energía o de sustancias, o ambos.

Toda ingeniería utiliza cantidades definidas y medidas, y por tanto depende de la realización de medidas. Al hacer estas medidas hemos de ser claros y precisos.

Hacer una medida es comparar lo desconocido con lo conocido, hay tres aspectos a considerar: dimensiones, unidades de medida y el número.

La experiencia de cada día ha mostrado que todas las cantidades de la ingeniería se pueden expresar en términos de un número relativamente pequeño de dimensiones.

En el primer capítulo nos referimos a las operaciones de transformación, la necesidad e importancia de reducir tamaños y de cortar materias primas, a la vez que se explica que sucede con los productos de partida en sus superficies, también se expresa la operación de mezclado, con sus aparatos y aplicaciones, incluye además una visión general sobre el diseño, materiales de construcción y métodos de instalación, facilitando limpieza y esterilización.

En el segundo capítulo describimos una parte fundamental acerca de los motores de corriente alterna, y hacemos énfasis en el motor de inducción, sus partes constitutivas y algunas características importantes que nos llevaron a elegir dicho motor, terminando con las posibles fallas que se pudiesen presentar.

En el capítulo tercero se habla netamente de los materiales y las operaciones técnicas que se realizaron y se pueden realizar en los metales, propiedades generales, físicas, esfuerzos, resistencia, estados de superficie y elementos de ensamblado, es una parte mecánica de sus operaciones.

El capítulo cuarto expresa todo lo necesario acerca del acero y la aleación de ingeniería que éste representa, razón de la aleación, tipos de acero y algunos valores de aceros utilizados en maquinaria para alimentos.

Para el capítulo quinto se realiza la memoria técnica de toda la construcción y ensamblaje del fluidificador, acompañando de los antecedentes de trabajo, razones del porque se tomaron las decisiones que están plasmadas en la máquina, y describimos las operaciones y dimensiones de la misma.

Al final se encontrará la bibliografía y los dibujos técnicos de la máquina.

## **CAPITULO 1: OPERACIONES DE TRANSFORMACION**

### **1.1 Reducción de tamaños**

En muchas operaciones de la industrialización de los alimentos suele ser una necesidad frecuente desmenuzar los sólidos mediante la aplicación de fuerzas mecánicas. Las razones para esta reducción de tamaño son diversas.

La reducción de tamaño puede facilitar la extracción de un constituyente deseado, contenido en una estructura compuesta.

La reducción a un tamaño definido puede ser una necesidad específica del producto. Una disminución del tamaño de la partícula de una masa dada del sólido producto conduce al aumento en la superficie del sólido, aumento en superficie que sirve de ayuda en muchos procesos de velocidad, el tiempo necesario para ciertas operaciones, horneado, escaldado, etc. se puede reducir cortando las sustancias sometidas al proceso.

La mezcla íntima, corrientemente, es más fácil con las partículas de tamaño más pequeño, lo que constituye una consideración importante en la elaboración de sopas empaquetadas, mezclas, dulces, etc., por la fórmula.

El objetivo primordial de un proceso de reducción de tamaño económico es obtener la reducción de tamaño deseada al costo mínimo. Los costos de adquisición, operación y mantenimiento juegan todos un papel importante en la rentabilidad del proceso por lo que estos gastos, para las diferentes alternativas posibles, se deben considerar cuidadosamente

antes de seleccionar cualquier sistema de trituración particular. Es imperativo considerar las diferentes máquinas posibles al diseñar las características del proceso del que se trate. En general, será necesario conocer las características de los productos de partida, aparatos posibles y productos finales.

Una lista de las características que hay que tomar en consideración, entre las que se incluyen: dureza, abrasividad, untuosidad, temperaturas de ablandamiento o fusión, estructura, peso específico, contenido en agua libre, estabilidad química, homogeneidad y pureza.

Las materias primas se presentan a veces en tamaños que son demasiado grandes para su uso, por lo que es preciso reducir su tamaño. Esta operación de reducción de tamaño se puede dividir en dos grandes categorías, según que la sustancia sea un sólido o un líquido. Si la sustancia es un sólido la operación se denomina trituración y cortado, y si es un líquido se denomina emulsificación o atomización.

## **1.2 Dureza y abrasividad de los productos de partida**

Aunque corrientemente no sea una preocupación primaria en Ingeniería de alimentos, conocer la dureza de los productos iniciales puede ser importante para selección de los aparatos de trituración. En general, los productos mas duros son los más difíciles de triturar. Se necesita más energía y los tiempos de residencia en la “zona de acción” han de ser mayores, lo que puede requerir: una producción más pequeña para un molino dado, o un molino de mayor capacidad para una determinada producción. Como las sustancias duras son casi siempre abrasivas se puede producir un desgaste pronunciado de las



superficies de trabajo. Tales superficies deben ser de materiales duros y resistentes al desgaste, como el acero al manganeso, y poder reemplazarse fácilmente.

### **1.3 Trituración y corte**

La trituración y el corte reducen el tamaño de las sustancias sólidas por acción mecánica, dividiéndolas en partículas de tamaño menor. El corte se utiliza para transformar grandes trozos de productos alimenticios en trozos de tamaño menor adecuados para un tratamiento ulterior, como es el caso de la preparación de la carne y hortalizas para venta al por menor y en la preparación de carnes enlatadas.

En el proceso de trituración las sustancias se reducen de tamaño fracturándolas. El mecanismo de la fractura no se conoce bien, aunque se puede decir que durante el proceso la sustancia es sometida a tensiones bajo la acción de los miembros mecánicos de la máquina trituradora, siendo estas tensiones en principio absorbidas internamente por la sustancia en forma de energía de deformación. Cuando las energías locales de deformación exceden un valor crítico que es función de la sustancia, tiene lugar la fractura a lo largo de líneas débiles y se disipa la energía almacenada. Parte de esta energía se utiliza para crear nueva superficie y la mayor parte se disipa en forma de calor. El tiempo también forma parte en el proceso de fractura, resultando que la sustancia se fractura a concentraciones menores de tensión si se puede mantener estas tensiones por períodos de tiempo mayores. La trituración se consigue, por tanto, por tensiones mecánicas seguidas de fractura y la energía necesaria depende de la naturaleza de la sustancia y también de la tendencia del material a cuartearse, es decir, de su fragilidad.

La fuerza aplicada puede ser de compresión, impacto o cizalla y tanto la magnitud de la fuerza como el tiempo de aplicación afectan la cantidad de trituración alcanzada. Para que la trituración sea eficiente, la concentración de energía aplicada a la sustancia debe exceder la energía mínima para romperla por un margen tan pequeño como sea posible. Cualquier exceso de energía se pierde en forma de calor y esta pérdida debe hacerse todo lo pequeña posible, puesto que el proceso de trituración es ya suficientemente ineficiente para hacerlo todavía más sin necesidad.

Los factores importantes a estudiar en el proceso de trituración son la cantidad de energía utilizada y la cantidad de nueva superficie formada durante la trituración.

#### **1.4 Energía utilizada en la trituración**

La trituración es un proceso muy ineficiente y es importante utilizar la energía todo lo eficientemente posible en las circunstancias de que se trate. Desgraciadamente no es fácil modular la energía mínima necesaria para un proceso de reducción dado.

#### **1.5 Conservación de las aristas de corte**

Las cuchillas bien afiladas, no sólo disminuyen las pérdidas de energía, sino que también reducen la presencia de productos de poca calidad (por ejemplo, muy machacados y desgarrados) que casi siempre aparecen cuando las superficies de corte están embotadas o rotas. A fin de conseguir una vida larga para las aristas de corte se deben hacer las cuchillas con acero aleado y endurecido o con materiales semejantes y todas las sustancias extrañas (piedras, birutas metálicas) que probablemente estropearán las cuchillas, se deben

extraer durante la operación de limpieza. Lo más probable es que las hojas colocadas en ejes rotatorios de gran velocidad estén en parejas equilibradas, por lo que su desmontaje, afilado y vuelta a colocar debe hacerse con cuidado.

### **1.6 Superficie nueva formada durante la trituración**

Cuando se tritura una partícula uniforme, después de la primera trituración el tamaño de las partículas resultantes variará mucho, encontrándose desde partículas groseras a finas e incluso en polvo. A medida que continúa la trituración, las partículas mayores reducirán su tamaño aún más, pero habrá menos cambio en el tamaño de las partículas finas. Un análisis cuidadoso ha mostrado que hay un cierto tamaño que aumenta su proporción relativa en la mezcla y pronto acaba por ser la fracción dominante.

El área superficial de una sustancia compuesta por partículas finas puede ser importante y la superficie específica, es decir, el área superficial por unidad de masa, puede ser muy grande. La mayoría de las reacciones están relacionadas con el área superficial disponible, por lo que la superficie específica puede tener una influencia considerable sobre las propiedades de la sustancia.

### **1.7 Carencia de defectos**

Los defectos que afectan a la adecuación de la materia prima para el procesado son los siguientes:

- Deformidades geométricas y desigualdades.

- Lesión mecánica debida al impacto punción o abrasión.
- Defectos de color
- Lesiones producidas por animales, hongos y microbios.
- Contaminación por materias primas.
- Defectos texturales o funcionales.
- Inmadurez o sobremadurez.

## **1.8 Mezcla**

### **1.8.1 Definición de mezcla**

Mezclar se puede definir como una operación, durante la cual se efectúa una combinación uniforme de dos o más componentes. Su objeto es alcanzar una distribución uniforme de los componentes mediante un flujo. El flujo se genera ordinariamente por procedimientos mecánicos. El grado de uniformidad alcanzado varía ampliamente. Si se trata de líquidos miscibles, o sólidos y líquidos en los que son solubles, es posible obtener mezclas muy íntimas; con líquidos inmiscibles, productos en forma de pasta y polvos secos el grado de uniformidad obtenido es invariablemente inferior.

La eficacia de un proceso de mezcla depende de la utilización de la energía empleada para generar el flujo de los componentes. En el diseño de un mezclador es esencial asegurar un input o impulso de energía adecuado y un buen sistema mecánico de transferir ésta, así como la configuración del recipiente y las propiedades físicas de los componentes.

La mezcla consiste en dispersar los componentes unos en otros. Se presenta en casos innumerables en la industria de la alimentación y probablemente sea la operación utilizada con mas frecuencia en todos los procesos. Desgraciadamente la mezcla es una de las operaciones peor conocidas y no es posible, por tanto, hacer más que una tarea descriptiva a la hora de presentar los procesos de mezcla. Existen sin embargo algunos aspectos de la operación de la mezcla que se pueden medir y pueden facilitar el planeo y diseño de las operaciones de mezcla.

En un proceso de mezcla ideal se empieza con los componentes reunidos en un recipiente, pero todavía separados como componentes puros, por lo que sí se toma una muestra pequeña en cualquier punto del recipiente, estará compuesta casi exclusivamente por un componente puro, siendo la frecuencia con que se encuentren los componentes proporcional a las fracciones de estos componentes en todo recipiente. A medida que tiene lugar la mezcla, las muestras contendrán cada vez mas de los otros componentes en proporciones muy próximas a las proporciones globales de los componentes en todo el recipiente. La mezcla completa se puede por ello definir como aquella situación en la que todas las muestras contienen los componentes en las mismas proporciones que la mezcla global. En realidad, esta situación solo se puede obtener por agrupación ordenada de los componentes y será un resultado muy improbable de cualquier proceso de mezcla práctico.

### **1.8.2 Aparatos de mezcla**

Se han fabricado muchos tipos de mezcladores, pero con el tiempo se ha conseguido un gran grado de normalización de los aparatos de mezcla en las distintas ramas de la

industria de la alimentación. Posiblemente, la forma más fácil de clasificar las mezcladoras es dividir las según que mezclen líquidos, polvos secos o pastas espesas.

Si se excluyen los modernos mezcladores continuos existen tres tipos básicos a considerar:

**Tipo 1 .-** Depósito estacionario que contiene un agitador móvil, o un agitador de aspas o paletas. Los agitadores de hélice montados en tanques verticales son de uso corriente en la mezcla de líquidos poco viscosos, suspensiones de sólidos y líquidos de flujo libre y en la dispersión de gases en líquidos.

**Tipo 2.-** Depósito estacionario que contiene aspas, cuchillas o tornillos móviles. Se han desarrollado para mezclar productos muy consistentes, líquidos viscosos, masa, pastas, grasas, etc.

**Tipo 3.-** Un Depósito móvil con aspas, paletas, cuchillas, etc., móviles o estacionarias. Los mezcladores de esta categoría se emplean para homogeneizar productos de gran consistencia: masas, pastas y materiales plásticos.

Estos tres tipos de mezcladores cubren el campo de aplicaciones representado por mezclas de consistencia altas, bajas y medias. Los tipos(2) y (3) sirven también para trabajar con materiales pulverulentos. El objetivo común es promover el flujo.

### **1.8.3 Mezcladores de Líquidos**

Para la mezcla adecuada de líquidos, probablemente sea la mezcladora de hélice la más común y la más satisfactoria. En la utilización de las mezcladoras de hélice es importante evitar la formación de tipos de flujos regulares, como un vórtice regular alrededor de un depósito cilíndrico, ya que con ello no se conseguirá prácticamente nada de acción de mezcla. Para romper estas formas de líneas de corriente se añaden contrapalas o se monta la hélice asimétricamente. Se pueden utilizar varias contrapalas, pudiendo su localización causar diferencias considerables en la conducta de la mezcla. Resulta tentador relacionar la potencia consumida por una mezcladora con la cantidad de mezcla producida, pero no existe necesariamente conexión entre ellas; mezcladoras poco eficientes pueden consumir gran cantidad de energía.

A parte de la mezcla obtenida deliberadamente, los líquidos en flujo turbulento o que pasan a través de aparatos como bombas son objeto de una mezcla vigorosa. Planteando tales piezas de equipo en las conducciones o asegurando un flujo turbulento en las tuberías, la mezcla de los líquidos puede resultar en muchos casos como un subproducto del transporte de fluidos.

### **1.8.4 Mezclador para líquidos de viscosidad pequeña o moderada**

La clase de aparato de mezcla más utilizado para la manipulación de líquidos de viscosidad pequeña o moderada es el agitador de hélice. Consiste en una o más hélices fijas a un eje giratorio que crea corrientes en el líquido, estas corrientes deben recorrer todo el recipiente de mezcla, no siendo suficiente solo crear la circulación de líquidos, sino que se deben

crear condiciones turbulentas en la corriente. Al entrar la corriente de líquido en contacto con partes del líquido estacionarias o de movimiento lento, tiene lugar un efecto de cizalla en la interfase, con lo que el líquido lento se introduce en la corriente rápida, dando origen a la mezcla de los dos. Para conseguir la mezcla en un tiempo moderado la velocidad de flujo volumétrico debe ser tal que todo el volumen del aparato de mezcla sea movido en un tiempo razonable.

La velocidad de flujo creada en un deposito por un mezclador de hélice tiene tres componentes: (a) una componente radial actuando en la dirección perpendicular al eje; (b) una componente longitudinal actuando paralelamente al eje, y (c) una componente de rotación que actúa en la dirección tangencial al círculo del eje. Tanto la componente radial como la longitudinal contribuyen generalmente, a la mezcla y no así la componente rotatoria. En el caso de una hélice girando sobre el eje vertical montado en el centro de la mezcladora, la componente rotatoria produce flujo de recorrido circular alrededor del eje, flujo que, en general, es laminar y conduce a la formación de capas en el líquido con la consecuencia que entre estas capas ocurra poco o ningún flujo longitudinal. El resultado de ello es que el contenido del tanque gira solamente sin producir casi acción de mezcla alguna. La potencia que puede ser absorbida por el líquido es muy limitada, ya que la velocidad relativa entre las hojas de la hélice y el líquido es pequeña. Además, esta componente tangencial puede dar lugar a la formación de un vórtice en la superficie del líquido, que se hará cada vez más profundo a medida que aumenta la velocidad de rotación de la hélice. Cuando el vórtice alcanza la zona de succión de la hélice, la potencia que suministra al líquido disminuye súbitamente con lo que el aire es arrastrado hacia el interior del líquido. La introducción de aire como consecuencia de la creación de un vórtice puede resultar en determinadas condiciones ventajosas, por ejemplo en las



fermentaciones, pero en general resulta un inconveniente. Otro inconveniente asociado con el flujo rotatorio es que las partículas sólidas se pueden separar por acción de fuerzas centrífugas.

Para evitar la formación de vórtices y los otros inconvenientes del flujo rotatorio se suele colocar el agitador descentrado respecto al tanque de mezcla. También se pueden utilizar contrapalas para interrumpir este flujo rotatorio y, por tanto, disminuir sus efectos. Una forma efectiva de hacer esto es colocar láminas verticales a la pared del tanque.

#### **1.8.5 Agitadores de hélice**

Están hechos con elementos impulsores de hojas cortas (corrientemente de menos de  $\frac{1}{4}$  del diámetro del tanque) girando a gran velocidad (de 500 a varios millares de r.p.m.). Las corrientes que producen son principalmente longitudinales y rotatorias y son muy persistentes por lo que estos agitadores, relativamente pequeños, son efectivos en tanques bastante grandes. Debido a la naturaleza predominantemente longitudinal de las corrientes de flujo, las hélices no son muy efectivas si están montadas en ejes verticales situados en el centro del depósito de mezcla. Por ello, se les suele montar descentradas con el eje, formando cierto ángulo respecto de la vertical. En los depósitos grandes el eje de las hélices se puede montar a través de las paredes laterales del depósito en un plano horizontal, pero sin situarla en el centro. Los agitadores de hélice son de lo más efectivo para la mezcla de líquidos poco viscosos. Como las hojas de la hélice cortan y cizallan la sustancia, se les puede utilizar para dispersar sólidos y para preparar emulsiones.

### 1.8.6 Mezcladoras para pastas de gran viscosidad y sólidos plásticos

La mezcla de sustancias de gran viscosidad es un proceso muy corriente en la industria de los alimentos y requiere el uso de una gran variedad de aparatos de diseño diferente. Los productos manipulados en tales aparatos son de propiedades físicas muy diferentes y, en muchos casos, estas propiedades varían durante la operación de mezcla. Una complicación adicional es la derivada del hecho de que, en muchas de las operaciones llamadas de mezcla, llevadas a cabo en estos aparatos, el objetivo puede ser más que la simple producción de una mezcla uniforme. Puede, por ejemplo, requerir someter los productos a una acción mecánica particular, de forma que el producto resulte con ciertas características físicas deseables, como es el caso de la mezcla de la masa de panadería. Muchos de los aparatos de mezcla se diseñan para aplicaciones específicas, por lo que muy pocos principios generales le son aplicables. El estudio que se hace en esta sección se referirá, en lo posible, a las mezcladoras de utilidad razonablemente amplia, y que tengan al menos varias aplicaciones.

Un principio general de aplicación a las mezcladoras de sustancias viscosas o pastosas es que su conducta depende del contacto directo entre los elementos mezcladores y los componentes de la mezcla, es decir, los productos se han de llevar hacia los elementos mezcladores o estos elementos han de moverse de forma que llegue a todas las partes del tanque de mezcla. Las acciones locales responsables de la mezcla son el amasado (durante el cual las sustancias se comprimen con las adyacentes o contra las paredes del depósito) y el envolvimiento (durante el cual, el producto fresco es rodeado por los productos ya mezclados). El producto sufre una acción cizallante y frecuente, se estira y se rompe bajo

la acción de los dispositivos mezcladores. En general, cuanto mayor sea la consistencia de la mezcla mayor será el diámetro de la hélice y más lenta la rotación.

### **1.8.7 Mezcladoras para productos sólidos secos**

En la mezcla de productos sólidos particulados la probabilidad de obtener una distribución ordenada de las partículas es prácticamente nula. En los sistemas reales la mejor mezcla que se puede obtener es la correspondiente a una distribución al azar de los ingredientes. Sin embargo, el grado de mezcla necesario en muchas operaciones de mezcla dependerá de para qué se vaya a utilizar la mezcla y los métodos de control que se utilicen.

Como consecuencia del movimiento de las partículas también puede resultar una segregación, debido a diferencias en sus propiedades. Por ello, en cualquier operación de mezcla, la mezcla y desmezclado tienen lugar a la vez, dependiendo lo íntima que sea la mezcla resultante de que el primer mecanismo predomine sobre el segundo. Las propiedades de los ingredientes que más influyen en su mezcla son el tamaño, forma y densidad de la partícula. Otras propiedades también importantes son: características superficiales y de flujo, fragilidad, contenido en humedad y tendencia a formar aglomerados. Cuanto más próximas son la forma, tamaño y densidad de los ingredientes más fácil es la operación de mezcla y más íntima la mezcla resultante.

## **1.9 Aplicaciones de los aparatos de mezcla en la industria de los alimentos**

**Fluidos de viscosidad pequeña.-** Entre los ejemplos de aplicaciones para los agitadores de elemento impulsor se incluyen: mezcla de aceites en la manufactura de margarina y

grasas de uso culinario, dilución de disoluciones concentradas; manufactura de papillas de frutas; preparación de mezclas líquidas de azúcares para la elaboración de dulces; preparación de salmueras y jarabes; reconstitución de productos secos, por ejemplo, leche en polvo; disolución de colorantes solubles.

Las mezcladoras de gran velocidad del tipo de turbina y hélice son mucho más efectivas como premezcladoras de emulsiones y emulsionantes; en particular para los sistemas de poca viscosidad. Se han diseñado muchos tipos especiales de hélices para utilizarlos en la emulsificación.

Las mezcladoras se utilizan para premezclar los ingredientes en la producción de aderezos para ensaladas, cremas ratificales para rellenar dulces, etc., y con la margarina. También se les utiliza para emulsificar en la producción de mayonesa, quesos elaborados, algunas cremas artificiales y muchas otras emulsiones alimenticias.

### **1.10 Diseño del equipo**

Ya se acepta, generalmente, que el diseño de los aparatos y la distribución en fábrica, basados en consideraciones de utilidad y de higiene, aumenta las posibilidades de éxito de las operaciones de elaboración de los alimentos. Tal conclusión ha sido reconocida por los fabricantes de alimentos y de utillaje industrial y por las autoridades sanitarias, y todos colaboran en la redacción de “modos de operar codificados” para el diseño higiénico o sanitario.

Las necesidades de diseño higiénico varían hasta cierto punto, según sea la naturaleza de los alimentos que se manufacturen. Sin embargo, los principios básicos son comunes al diseño de todo el utillaje de las fábricas de alimentos. En general, el diseño, materiales de construcción y métodos de instalación de una fábrica de alimentos deben elegirse de forma tal que contribuyan a la limpieza y esterilización de la fábrica. Por ello, los aparatos deben ser fáciles de desmontar y de montar rápidamente, usando herramientas sencillas. En otro caso, se deben diseñar para ser limpiados *in situ*.

#### **1.10.1 Naturaleza y materiales de construcción de las superficies de contacto**

Todas las superficies en contacto con los productos alimenticios deben ser lisas y exentas de huecos y grietas, debiendo además carecer de poder absorbente y no ser alterables ni por el producto alimenticio, ni por agentes de limpieza con los que puedan estar en contacto.

Las sustancias tóxicas, que probablemente presentarían riesgos para la salud si se consumieran con el producto, no se deben utilizar en la construcción de los aparatos que pueden llegar a contactar con las sustancias comestibles. Entre los contaminantes metálicos que se encuentran en esta categoría se incluyen el cobre, hierro, zinc, cadmio, antimonio y plomo. Algunas normas permiten la inclusión de plomo en los materiales de soldadura en cantidades no superiores a 5%. Se deben evitar metales disimilares capaces de promover acciones químicas o electrolíticas al ponerse en contacto con un ambiente líquido. Las sustancias plásticas, si se usan, deben ser resistentes a la abrasión y carecer de constituyentes que emigren hacia el alimento.

El acero inoxidable se utiliza extensamente en la fabricación de utillaje y aparatos para la elaboración de alimentos. Este material se puede pulir hasta un elevado grado de acabado superficial proporcionando una superficie lisa exenta de fallos, ideal para la limpieza. El acero inoxidable ofrece una gran resistencia a la corrosión en una gran variedad de ambientes, pero no es recomendable en presencia de salmueras. El aluminio y sus aleaciones se utilizan también mucho en las fábricas de alimentos, aunque se haya de tener cuidado en seleccionar los agentes de limpieza adecuados, ya que este metal es atacado tanto por ácidos como por álcalis.

También se utilizan el metal Monel (una aleación de cobre y níquel), el cobre y el bronce convenientemente estañados, y más recientemente el titanio. En algunas aplicaciones las ventajas ofrecidas por este último material de construcción – gran resistencia a la corrosión, fortaleza mecánica y fácil limpieza compensan su coste inicial elevado. Las tuberías de vidrio y el revestimiento de recipientes con vidrio son también populares en la industria de los alimentos. Sus problemas de corrosión son despreciables y, además, hacen posible la inspección para comprobar la limpieza del sistema de tuberías. La ruptura, si la instalación y manejo son correctos, es mínima y, por tanto, el riesgo correspondiente de contaminar con vidrio el producto alimenticio. La madera no es recomendable como material de construcción de superficies en contacto con los alimentos, debido a sus propiedades absorbentes y las dificultades inherentes a su limpieza. Pese a ello, la madera se utiliza todavía mucho como superficies de corte, en la preparación de la carne y en el rebanado o troceado a mano de ciertas “especialidades” de frutas y hortalizas. Recientemente se han desarrollado varios cauchos endurecidos para estas aplicaciones, ya que poseen mejores características superficiales, por lo que están encontrando un uso cada vez mayor.

La unión permanente de partes metálicas se debe hacer por soldadura, preferentemente con las láminas paralelas y la soldadura se debe desbastar con las superficies adyacentes, teniendo cuidado de evitar la formación de hoyos y grietas. La soldadura de láminas superpuestas debe contornearse para facilitar el escurrido.

Todas las superficies en contacto con productos alimenticios se deben construir de forma que drenen por sí solas, evitándose con ello, la acumulación indeseable de producto alimenticio. Para facilitar el vaciado completo los fondos de los recipientes deben redondearse y si son planos hacerlos inclinados. Se recomienda una pendiente de fondo mínima de 10 mm por metro. Al adaptar los fondos redondeados, las líneas de descarga de los depósitos se deben unir a prueba de escapes y estar colocados en el punto más bajo para evitar bolsas estancas de líquido. Se deben evitar rincones interiores agudos, siendo preferible un radio mínimo de 7 mm.

Los aparatos deben diseñarse de forma tal que se prevenga la contaminación de los productos que contienen por sustancias externas. Deben disponer de cubiertas o tapas de fácil abertura y todos los puntos de acceso deben estar cerrados cuando no se les esté utilizando. Estas cubiertas se deben diseñar de forma que permitan el desague fácil de cualquier líquido que inadvertidamente entre en contacto con ellas, siendo la inclinación de la superficie la que desplace el líquido de la zona de acceso.

La importancia de una buena vigilancia de la instalación para mantener un nivel higiénico satisfactorio no se puede recalcar suficientemente, y cualquier diseño que conduzca a un nivel de limpieza mayor es de lo más recomendable. Esta es la razón por la que incluso las

superficies externas que no entran en contacto con los productos deben ser fáciles de limpiar. Su contorno debe ser tal que evite la acumulación de tierra y otros depósitos en los que se facilita el crecimiento de microorganismos y el desarrollo de insectos en y alrededor de los aparatos. Ello significa que las superficies exteriores deben estar exentas de costuras abiertas, grietas y otras protuberancias inasequibles.

### **1.10.2 Instalación de los aparatos**

El diseño de las estructuras de soporte de acero y cemento muestra en algunas fábricas la falta de apreciación de los principios de diseño higiénico. Las placas de base y los cimientos de soporte sirven con frecuencia de lugar de reproducción para insectos y bacterias. Los productos alimenticios pueden ser atrapados en huecos inaccesibles, en los que no es posible una limpieza satisfactoria. Los aparatos se deben montar en un piso o cimentación de material no absorbente y fácilmente limpiable. Se deben evitar espacios estrechos entre la parte inferior de los aparatos y el piso. La separación debe ser suficientemente grande para permitir el acceso para la inspección y la limpieza. O también los aparatos y soportes pueden estar totalmente unidos al piso. La unión debe ser, sin embargo, a prueba de agua y de flujo, o estar contorneada para permitir un drenaje libre.

### **1.10.3 Limpieza y esterilización de la fábrica**

Las operaciones de limpieza y esterilización son esenciales en una fábrica de elaboración de productos alimenticios si se quiere producir alimentos comestibles en condiciones de seguridad e higiene.



Las operaciones de limpieza y esterilización no deben considerarse como opcionales, cuya realización depende de los operarios de la fábrica. Son una parte integral de la manipulación y utilización de la fábrica que requieren una tecnología propia. Las operaciones de limpieza han de estar coordinadas con las implicadas realmente en el procesamiento de los productos alimenticios.

Los aparatos de la industria de los alimentos se deben limpiar inmediatamente después de utilizados y esterilizarse antes de volver a utilizarlos. Estas dos operaciones son bastante diferentes, aunque naturalmente una esterilización satisfactoria se puede lograr más fácilmente si se hace sobre una superficie limpia.

Durante la limpieza, los productos alimenticios residuales de la instalación y los depósitos sólidos producidos durante el proceso se eliminan físicamente mediante cepillos, por la acción de fluidos muy turbulentos o por una combinación de estos dos agentes. Esta separación se facilita normalmente añadiendo detergentes y acondicionadores que ayudan a humectar la superficie de los depósitos y su subsecuente separación de las superficies de los aparatos. Esta limpieza con detergentes debe ir seguida de un escurrido con agua limpia. Se ha de tener cuidado para que el material separado no se deposite en otras partes de la instalación. La limpieza con detergentes se hace mejor si va precedida de un lavado con agua clara que se lleva la mayor parte de sustancias sucias adheridas.

Al eliminar la suciedad se eliminan también gran número de microorganismos contaminantes. Pese a ello, después de la limpieza siempre quedarán microorganismos en las superficies de los aparatos, los cuales se han de destruir si se quiere evitar el riesgo de

contaminación. Las superficies de contacto requerirán esterilización, utilizando vapor de agua, agua hirviendo o un esterilizante químico.

El desarrollo de detergentes-esterilizantes en los últimos años ha hecho posible en ciertos casos combinar en una sola operación la limpieza y la esterilización. Ello presenta la ventaja de reducir el tiempo muerto del proceso. Sin embargo, muchos esterilizantes químicos son menos efectivos cuando están combinados con detergentes y, aunque ello se puede resolver aumentando la concentración de esterilizantes, los costos de limpieza crecerán.

### **1.11 Terminología y métodos de higienización**

Existe cierta ambigüedad en la nomenclatura relacionada con la esterilización de las fábricas de alimentos. El término esterilización se refiere a los procesos que destruyen todos los organismos vivos y, por tanto, una superficie estéril es la que está exenta de todo microorganismo. Estas condiciones se consiguen en el “llenado aséptico”, pero no en la limpieza general de la instalación. Los términos esterilidad comercial o casi esterilidad, se utilizan para describir aquellas condiciones en las que un número aceptablemente pequeño de microorganismos han sobrevivido al tratamiento de esterilización.

Los métodos normales de higienización de fábricas y utillaje de la industria de los alimentos incluyen:

- Una limpieza con agua y con un detergente adecuado para actuar en presencia de tierra, de dureza del agua y compatible con los materiales de construcción de los aparatos y la técnica de limpieza que se utilice.
- La esterilización (desinfección y sanitación) utilizando el calor del vapor de agua o del agua hirviendo, como medio esterilizante, o bien un esterilizante químico (bactericida, desinfectante).

### **1.11.1 Detergentes**

Los detergentes se utilizan casi invariablemente en la limpieza húmeda de las superficies de contacto con los alimentos. Los riesgos de corrosión son casi nulos con los aceros inoxidable que, a su vez, son prácticamente el material de construcción que en principio se elige automáticamente para la construcción de fábricas de productos alimenticios. Se debe recordar, sin embargo, que el acero inoxidable no es universalmente inerte a la corrosión química, o que otros materiales de construcción más baratos pueden ser los que se utilicen. La disolución de detergente debe ser capaz de emulsificar o dispersar grasas y aceites, humectar adecuadamente la superficie de la suciedad y penetrar hasta la interfase de contacto entre la suciedad y el sólido para que se desprenda aquélla. También debe ser capaz de disolver o dispersar los productos alimenticios que le acompañen y tener buenas propiedades de escurrido. Muchos son los detergentes que se encuentran en el mercado. Se les puede clasificar de la siguiente manera:

- Detergentes compuestos principalmente por álcalis inorgánicos, tales como: hidróxido sódico, metasilicato sódico, ortosilicato sódico, fosfato trisódico, carbonato sódico.
- Detergentes compuestos por ácidos inorgánicos u orgánicos, entre otros: ácidos inorgánicos clorhídricos, nítricos y fosfóricos; ácidos orgánicos no corrosivos sulfámico, cítrico, tartárico y glucónico.
- Detergentes compuestos principalmente por un agente activador de superficies (surfactante): son catiónicos, aniónicos y no-iónicos.
- Polifosfatos alcalinos que se utilizan por su capacidad como acondicionantes del agua en lugar de por su alcalinidad.

## **CAPITULO 2 MOTOR DE INDUCCION**

### **2.1 Máquinas eléctricas rotativas**

#### **2.1.1 Definición**

Se denominan motores de corriente alterna a las máquinas que transforman la energía recibida en sus bornes en forma de corriente alterna en energía mecánica transmitida en su eje de rotación.

#### **2.1.2 Motores**

Son máquinas que transforman la energía eléctrica en energía mecánica transmitido en su eje de rotación.

### **2.2 Partes constitutivas del motor monofásico**

Las partes mecánicas del motor de inducción monofásico son:

El rotor el cual es la parte móvil, la carcasa – estator la parte fija, es donde se produce el campo magnético giratorio, las tapas donde se colocan los rodamientos del rotor, caja de bornes, ventilación, en los motores monofásicos hay un interruptor centrífugo en el rotor el mismo que sirve para desconectar el bobinado de arranque cuando el motor ha alcanzado su velocidad de funcionamiento para que luego entre en funcionamiento el bobinado de trabajo.

El rotor del motor monofásico es de tipo de jaula de ardilla. La desconexión del bobinado de arranque se produce aproximadamente en un 75% de la velocidad de régimen.

### **2.3 Funcionamiento del motor monofásico**

Un motor monofásico no puede ponerse en funcionamiento cuando se lo alimente con una tensión, sino que necesita un medio auxiliar que lleve el motor hasta una determinada velocidad de giro, la misma que producirá una energía mecánica solo cuando éste esté en marcha.

La causa es porque la corriente alterna monofásica que pasa por el bobinado del estator, produce un flujo magnético el cual está en fase con esta corriente.

Dicho campo es originado por un bobinado de trabajo, sin embargo es posible producir un campo magnético giratorio agregándole un segundo bobinado llamado auxiliar o de arranque formando un desfase de  $90^\circ$  del primero.

Entonces a este segundo bobinado se le conectará en serie un condensador o una reactancia las mismas que producen un desfase de la corriente en el bobinado de arranque con respecto al de trabajo el cual se aproxima a  $90^\circ$  entonces las corrientes y el flujo magnético pasan por un valor máximo en el bobinado de trabajo antes de pasar al de arranque, como este está en retraso se utiliza un condensador entonces el flujo de arranque también lo estará. La unión de ambos flujos dará un campo magnético giratorio que permitirá el

arranque, el sentido de giro del campo depende de los sentidos de las corrientes que circulan por las bobinas.

## **2.4 Motores de condensador**

Tiene un bobinado de trabajo y un bobinado de arranque y su rotor en jaula de ardilla, interruptor centrífugo, pero en este caso se conecta en serie un condensador al bobinado de arranque el mismo que debe ser de una capacidad adecuada.

La presencia de dicho condensador nos proporciona una corriente desfasada en adelanto respecto a la corriente principal.

## **2.5 Posibles fallas del motor**

### **2.5.1 El motor se calienta excesivamente**

Cuando se recalienta un motor es porque ha tenido:

- Una sobrecarga; cojinetes desgastados y apretados, bobina o grupo de bobinas en cortocircuito; interrupción en alguna fase y barras del rotor flojo.

### **2.5.2 Interrupción del bobinado de régimen (Trabajo)**

Las causas principales de las interrupciones en el bobinado de trabajo son las siguientes:

Conexión sucia o floja, hilo roto.

### **2.5.3 Interrupción en la bobina de arranque**

Las principales causas de interrupción del bobinado de arranque son conexión sucia o floja, conductor roto, interruptor centrífugo dañado o condensador quemado, es medio complicado localizar esta avería comparado con el de trabajo dado que tiene un interruptor centrífugo que es una de las causas principales de interrupción del bobinado de arranque ya que con el continuo uso estas piezas se desgastan o también a que la parte giratoria del interruptor sobre la parte fija es insuficiente para que se cierren los contactos.

### **2.5.4 Contactos a masa de los bobinados**

Esta avería se presenta por diversas causas en los motores monofásicos y estas son:

- Posibilidad de que los pernos de sujeción de las tapas lleguen a tocar el bobinado.
- Contacto de los conductores del bobinado con las aristas de las cabezas de las ranuras.
- Contacto del interruptor centrífugo con la carcasa. Para averiguar si en un bobinado hay un contacto a masa se emplea generalmente la lámpara de prueba, serie.

### **2.5.5 Condensador defectuoso**

En los motores de condensador la causa principal de un funcionamiento defectuoso es que el condensador este dañado (quemado), los principales defectos que puede presentar el



condensador son los siguientes: Cortocircuitos, circuitos abiertos o interrupciones, deterioros internos que pueden afectar su capacidad, contactos a masa.

### **2.5.6 El motor no arranca**

A continuación se citan los casos más frecuentes de funcionamiento defectuoso que presentan los motores monofásicos de condensador y sus posibles causas citando estas por orden de mayor a menor probabilidad de defecto:

- Condensador defectuoso, fusibles quemados, cojinetes desgastados, sobrecarga, interrupciones de los bobinados de trabajo o de arranque, bobinados con contactos a masa, bobinado cortocircuitos, tapas mal montadas, ejes torcidos y cojinetes muy apretados.

### **2.5.7 El motor marcha con velocidad inferior a la normal**

De la misma manera sus causas en orden de mayor a menor probabilidad:

- Condensador defectuoso, bobinado en cortocircuito, inversión de polaridad en los bobinados, cojinetes desgastados, barras del rotor flojo y sobrecarga.

### **2.5.8 El motor marcha pero se calienta demasiado**

Sus causas pueden ser:

- Condensador defectuoso, bobinado en cortocircuito, sobrecargas, bobinado con contactos a masa, barras del rotor flojas y cojinetes desgastados.

### **2.5.9 El motor marcha con mucho ruido**

Entre sus posibles causas tenemos:

- Condensador defectuoso, bobinado en cortocircuito, inversión de la polaridad en los bobinados, barras del rotor flojas, cojinetes desgastados e interrupción en la bobina de trabajo.

### **2.6 Inicio por capacidad**

Es el procedimiento más sencillo. Consiste en establecer dos arrollamientos de dos bobinas en serie, conectados en paralelo. Una de las dos series lleva un condensador que produce el adelanto de la fase correspondiente.

Una vez en marcha el motor, puede desconectarse el arrollamiento de arranque, por medio manual o de un interruptor centrífugo.

### **2.7 El interruptor centrífugo**

Un elemento común a estos motores monofásicos es el interruptor que desconecta el devanado de arranque, el cual, puede ser manual o centrífugo. Lo usual es emplear el segundo, que proporciona por una parte el arranque automático y por otra desconecta el

devanado de arranque cuando el motor ha alcanzado una velocidad próxima a la de sincronismo.

El fundamento de estos interruptores centrífugos es el mismo que el del regulador de Watt: unas masas sujetas a brazos articulados que se separan más o menos según la velocidad del eje del motor. Se aprovecha el desplazamiento de estas masas, proporcional a la velocidad de giro, para desconectar el interruptor que pone fuera de servicio el arrollamiento de arranque.

Los motores monofásicos de inducción ofrecen las siguientes ventajas:

- a. Construcción sencilla, sin el elemento delicado que es el colector y sin arrollamiento inducido.
- b. Funcionamiento silencioso.
- c. Su baja velocidad hace posible utilizar cojinetes de fricción, lo cual siempre es un ahorro.
- d. No producen perturbaciones en receptores de radio y de televisión.

A estas ventajas se oponen algunas limitaciones, tales como su bajo par de arranque, el ser utilizable tan sólo en corriente alterna y el hecho de que las velocidades de giro sean únicas y limitadas.

## **CAPITULO 3: MATERIALES Y OPERACIONES TÉCNICAS**

### **3.1 Propiedades generales de los metales**

La utilización de los metales está basada en el conocimiento:

- de sus propiedades físicas, que dependen de su propia naturaleza;
- de sus características mecánicas, de la forma que reaccionan a los esfuerzos que se les aplica;
- de su resistencia a la destrucción.

La elección de un metal para una fabricación se basa en el conocimiento perfecto de sus diversas propiedades.

### **3.2 Propiedades físicas de los metales**

Aparte del aspecto exterior, caracterizado principalmente por el color, que permite a menudo reconocer a primera vista la naturaleza del metal, es indispensable conocer las siguientes propiedades: densidad, fusibilidad, maleabilidad, ductilidad, conductibilidad térmica, conductibilidad eléctrica, dilatabilidad.

#### **3.2.1 La densidad**

La densidad de un cuerpo es la relación entre el peso de un cierto volumen del cuerpo considerado y el peso de un volumen igual de agua.

Se expresa por un número abstracto.

Los metales son más o menos densos: Acero 7,8

### **3.2.2 La fusibilidad**

La fusibilidad es la propiedad que tienen los metales de licuarse bajo la acción del calor.

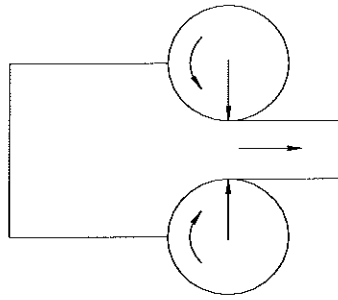
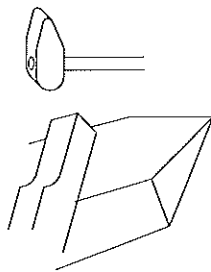
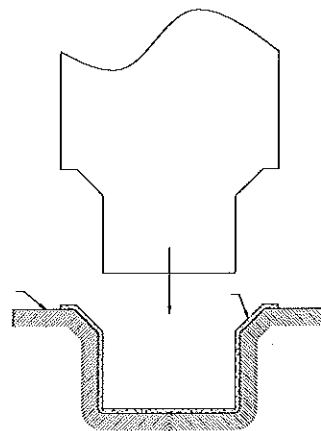
En estado líquido son más o menos *fluidos*. Algunos son pastosos, como el hierro. En esta propiedad se basan los trabajos de fundición para la obtención de piezas coladas en fundición, bronce, aluminio, etc. Las temperaturas de fusión (punto de fusión) varían según los metales: Acero 1536° C

### **3.2.3 La maleabilidad**

La maleabilidad es la propiedad que poseen ciertos metales de dejarse reducir a hojas delgadas.

Los metales maleables tales como el acero, el cobre, el plomo, etc., permiten un trabajado con martillo, en caliente o en frío.

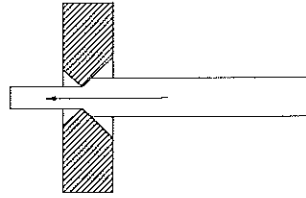
En esta propiedad se basan los trabajos de laminado, que permiten obtener las chapas de metal utilizadas corrientemente en la industria.

**Laminado****Forjado****Embutido**

### 3.2.4 La ductilidad

La ductilidad es la propiedad que poseen algunos metales de dejarse estirar. Se aplica sobre todo al trefilado o embutido.

Para obtener los hilos se obliga a una barra de metal a pasar sucesivamente por orificios de diámetro cada vez menores. El aparato utilizado se llama *hilera de estirado*.



**Hilera de estirado**

### **3.2.5 La conductibilidad térmica**

La conductibilidad térmica es la propiedad que poseen todos los metales, de transmitir el calor.

Los metales son más o menos buenos conductores del calor. Se aprovecha, según las necesidades, la buena o la mala conductibilidad térmica de los diferentes materiales (metales y otros) para la confección de aparatos.

### **3.2.6 La conductibilidad eléctrica**

La conductibilidad eléctrica es la propiedad que poseen todos los metales de transmitir la corriente eléctrica.

### **3.2.7 La dilatabilidad**

La dilatabilidad es la propiedad que poseen los metales de aumentar sus dimensiones por efecto del calor.

Es en la mayor dimensión, la longitud de las piezas, donde la dilatación es más apreciable. Los metales se dilatan de forma diferente.

### **3.3 Características mecánicas de los metales**

Los metales no reaccionan todos de la misma forma a los esfuerzos o a las contracciones a las que son sometidos; sus características son diferentes. Estas características están establecidas de una manera muy precisa como consecuencia de los ensayos mecánicos que se hacen sufrir a los metales. Los resultados cifrados de estos ensayos, permiten calcular la resistencia de las piezas, y como consecuencia, las dimensiones y formas que hay que darles para resistir a estas contracciones.

Las principales características mecánicas de los metales son la tenacidad, la elasticidad, la dureza, la fragilidad y la resistencia a la fatiga.

### **3.4 Diferentes esfuerzos a los que pueden ser sometidos los metales**

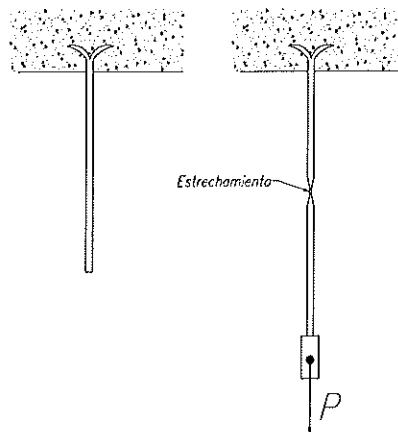
Los metales que componen las construcciones mecánicas o las máquinas están sometidos a diferentes esfuerzos o contracciones, que traen como consecuencia deformaciones. Estos



esfuerzos son la *tracción*, la *compresión* y el *pandeo*, el *cizallamiento*, la *flexión* y la *torsión*.

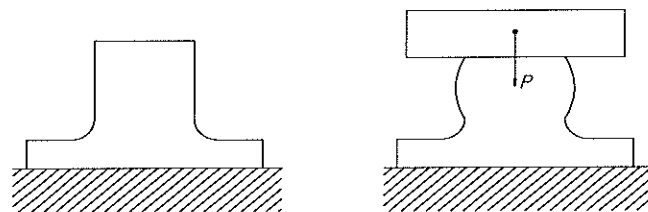
### 3.4.1 La tracción

Cuando los esfuerzos se ejercen en el sentido de la longitud de una pieza y tienden a separar las moléculas, la pieza se alarga y adelgaza; se produce un estrechamiento. Se dice que la pieza sufre esfuerzos de tracción.

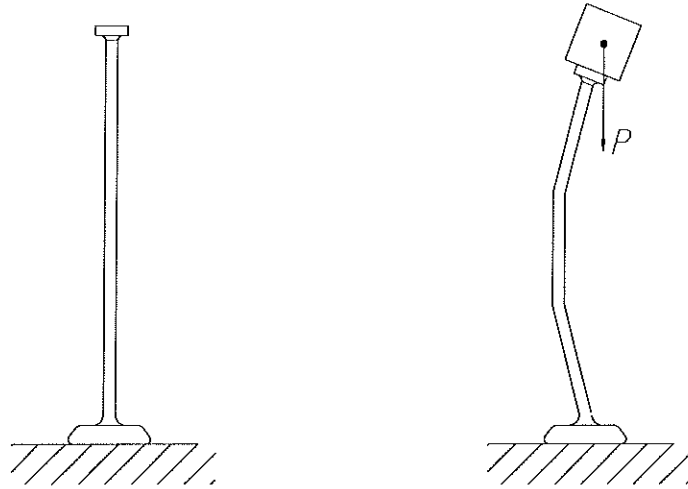


### 3.4.2 La compresión y el pandeo

La compresión puede ser considerada como la inversa de la tracción; bajo su acción, las moléculas tienden a acercarse, la materia se contrae.



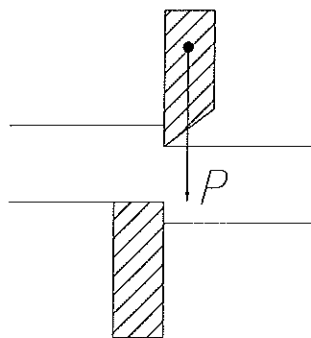
Cuando la pieza tiene una sección importante y poca altura, sufre una compresión bajo la carga  $P$ .



Cuando la sección es pequeña y la pieza es larga, se curva; esta deformación toma el nombre de pandeo.

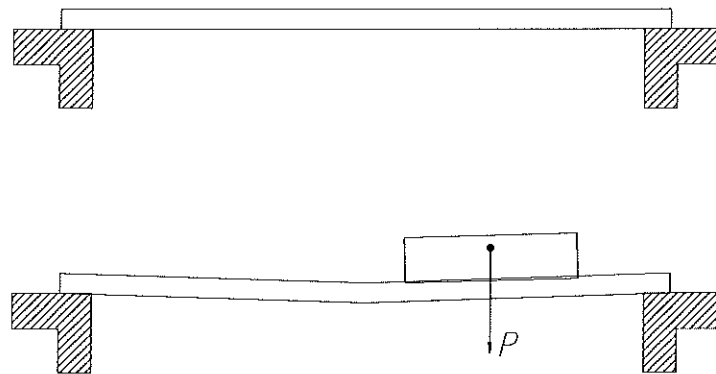
### 3.4.3 El cizallamiento

A veces, los esfuerzos ejercidos sobre los metales tienen por efecto seccionar el metal; se dice que la pieza sufre efectos de cizallamiento.



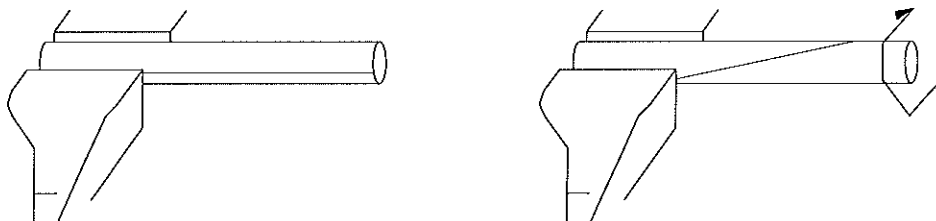
### 3.4.4 La flexión

Teóricamente, bajo el efecto de esfuerzos dirigidos en un plano, perpendicular a su longitud, la distancia entre apoyos de un puente de comba entre los pilares. Generalmente la flexión tiende a doblar o a curvar la pieza que la sufre.



### 3.4.5 La torsión

Si se sujeta un tubo de caucho entre las mordazas de un tornillo y se gira su extremo con la mano, se puede comprobar que la generatriz del tubo se deforma según una hélice. Esta deformación recibe el nombre de torsión.



### **3.4.6 La tenacidad**

La tenacidad es la propiedad de los metales que les permite resistir más o menos a los esfuerzos a los que se les somete. Estos esfuerzos pueden ser:

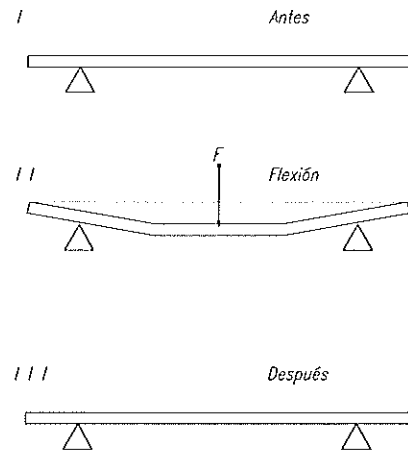
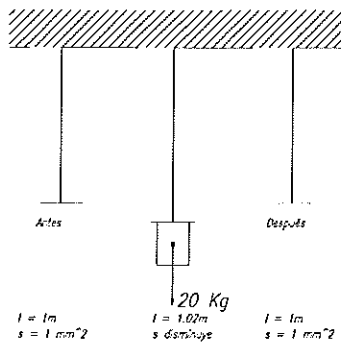
- Sencillos, cuando actúa un solo esfuerzo.
- Compuestos, cuando actúan varios esfuerzos al mismo tiempo.

### **3.4.7 La elasticidad**

La elasticidad, es la propiedad de los metales que les permite recuperar su forma inicial cuando se suprime el esfuerzo que los deformaba.

Bajo la acción de un esfuerzo, no sobrepasando ciertos límites, a pesar de su tenacidad, una pieza de metal se deforma: se alarga o se curva. Si es elástica, la pieza vuelve a su forma inicial cuando se suprime el esfuerzo.

Las deformaciones comprobadas se llaman deformaciones elásticas, puesto que son pasajeras y no se manifiestan más que durante la acción del esfuerzo.



Los metales son elásticos

### 3.4.7.1 Carga elástica límite

La fuerza máxima que puede aplicarse a un sólido sin hacerle sufrir una deformación permanente se llama carga elástica límite del sólido considerado, o, más corrientemente, límite elástico; se expresa en kilogramos por milímetro cuadrado.

### 3.4.7.2 Módulo de elasticidad

La fuerza que es preciso aplicar a un alambre o a una banda de metal para darle una deformación elástica mide la rigidez del metal. Se expresa por el módulo de elasticidad y es la fuerza, expresada en gramos, que sería necesaria para alargar temporalmente, en 1 milímetro, un alambre de 1 metro de longitud y  $1\text{mm}^2$  de sección.

Cuanto más elevado es el módulo de elasticidad, más rígido es el metal.

### 3.4.7.3 Alargamiento a la ruptura

De una manera general, la amplitud de las deformaciones que pueden hacerse sufrir a un metal están ligadas a su alargamiento a la ruptura, es decir, al alargamiento máximo que se puede, sin romperse, alargar por tracción una *probeta* del metal considerado (*trozo de metal de sección determinada*). Se expresa en porcentaje de la longitud inicial de la probeta.

Cuanto más elevado es el porcentaje de alargamiento, más dúctil es el metal.

#### Observaciones:

1. Los metales son más o menos elásticos, esta propiedad se deduce de la tenacidad.
2. Es posible mejorar la elasticidad de un metal, el acero en particular, incorporándole silicio. Los aceros al silicio se utilizan para la fabricación de muelles.

## 3.5 Propiedades mecánicas de los metales

### 3.5.1 La dureza

La dureza es la propiedad que tienen los metales de resistir más o menos al frotamiento, al desgaste.

Se sabe que el acero es más duro que el plomo; el acero no se deja rayar o cortar por una hoja de cuchillo, mientras que el plomo se corta fácilmente con un cuchillo y se raya con la uña.

No se mide la dureza de un metal: se determina por un ensayo de penetración que se hace sufrir a la pieza o a una muestra del metal a ensayar.

**Observación.-** Existe una relación entre la dureza y la resistencia a la ruptura de manera que, conociendo la dureza, se puede tener la resistencia a la ruptura, e inversamente. Hay tablas en los formularios que dan estas indicaciones por simple lectura.

### **3.5.2 La fragilidad**

La fragilidad es la propiedad que tienen los metales de romperse más o menos fácilmente bajo la acción brutal de un choque.

#### **3.5.2.1 La resiliencia**

En la práctica no se expresa la fragilidad de los metales, sino la inversa, la *no fragilidad*, que se designa con el nombre técnico de resiliencia. La resiliencia es pues la inversa de la fragilidad: un metal resiliente no es frágil. La resiliencia se determina por el ensayo al choque.

La resiliencia se expresa en kilogrametros por centímetro cuadrado.

### 3.5.3 La fatiga (Falla)

Es posible que una pieza sea capaz de resistir indefinidamente una carga aplicada permanentemente a ella y que se rompa bajo la acción de una carga mucho menor, pero aplicada de forma intermitente.

#### 3.5.3.1 La resistencia a la fatiga

La resistencia a la fatiga se expresa en kilogramos por milímetro cuadrado y es la carga que un metal, sometido a esfuerzos repetidos, puede soportar indefinidamente sin romperse. Se determina por un ensayo en una probeta de fatiga.

#### 3.5.3.2 La elasticidad

*Es la propiedad que tienen los metales de recobrar su forma original después de haber sido deformados, siempre y cuando haya cesado la fuerza que les estaba o había deformado.*

Se puede considerar que todos los metales son elásticos, aunque el grado de elasticidad no es el mismo en todos.

La elasticidad se basa en que los átomos cambian de posición por acción de una fuerza externa. Desaparecidas estas fuerzas, otras internas los hacen volver a su posición inicial. Podemos decir que cesa el desplazamiento de los átomos.



Pero la elasticidad no siempre es posible en toda su amplitud. Llega un momento en que ante el aumento de las fuerzas exteriores los átomos no sólo se desplazan, sino que se separan totalmente produciéndose la rotura.

Es muy importante pues, conocer el valor de la elasticidad de un metal para que este no se deforme.

### **3.6 Resistencia de los metales a la destrucción**

Para asegurar la conservación de las piezas fabricadas, es necesario oponerse a los procesos de destrucción a largo plazo: el desgaste y la corrosión.

#### **3.6.1 El desgaste**

El desgaste es una pérdida de material que resulta del frotamiento de dos superficies, una contra otra.

Es éste un fenómeno muy complejo, que depende de la naturaleza de las superficies frotantes y de los productos interpuestos entre ellas, abrasivos o lubricantes.

En general, un cuerpo duro desgasta a otro menos duro; pero esta regla no es, absoluta, a pesar de todo. El estudio de los fenómenos de desgaste no ha sido, de hecho, objeto de investigaciones profundas.

### 3.6.2 La corrosión

La corrosión es una destrucción por acción química, debida a agentes exteriores, en medio de los cuales deberán permanecer o funcionar las piezas: agua, aire, ácidos.

Además, la corrosión está, a menudo, favorecida por fenómenos electrolíticos.

#### 3.6.2.1 Acción del agua y del aire

El agua y el aire producen la oxidación de las piezas. Según la clase de metales, esta oxidación es más o menos importante y rápida: produce la *herrumbre* de los metales féreos, el *cardenillo* de los metales cúpricos y todos conocemos la acción destructiva de la herrumbre y el peligro del cardenillo.

**Observación.-** Algunos metales, tales como el cromo y sus aleaciones, son muy alterables por el oxígeno del aire. A la temperatura ambiente se recubren de una capa de óxido íntimamente delgada y transparente, de moléculas tan apretadas, que detiene toda penetración del oxígeno. Por esta circunstancia, estos metales gozan de una resistencia notable a la corrosión. A este grupo pertenecen el níquel-cromo y el cromo-cobalto.

#### 3.6.2.2 Acción de los ácidos

Tomemos una chapa delgada de acero; vertamos algunas gotas de ácido y qué notamos?: Primeramente, un burbujeo, procedente de la *reacción química* que se produce; después, al cabo de un rato, se nota que la placa está perforada por el sitio donde se había vertido el

ácido. Este ácido ha *corroído* al metal. Puede, por consiguiente, haber peligro al dejar en contacto piezas metálicas y ácidos.

Los ácidos atacan a casi todos los metales. Será preciso, pues, evitar el poner un metal en presencia de ácidos. Sin embargo, el plomo no es atacado por el ácido sulfúrico.

### 3.6.3 Mejora de las cualidades de un metal

Algunas fabricaciones especiales, en particular la confección de herramientas, exigen metales que presentan muy buenas cualidades. Se está, pues, obligado a mejorar las cualidades *naturales* de los metales, bien sometiéndolos a *tratamientos térmicos*, o bien incorporándoles *elementos de adición*.

Los tratamientos térmicos permiten, cuando se someten los metales a temperaturas convenientes, modificar sensiblemente sus características mecánicas.

Los elementos de adición son cuerpos que, incorporados a los metales, les confieren cualidades exigidas por ciertas fabricaciones.

El *níquel* o el *romo*, en proporciones variables, aumentan la resistencia del acero. El *silicio* aumenta la elasticidad del acero.

## Resumen

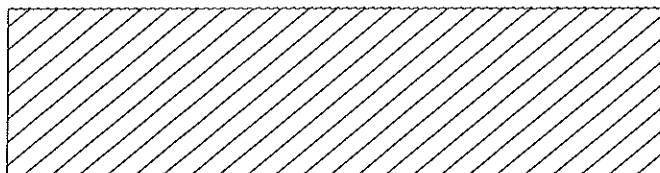
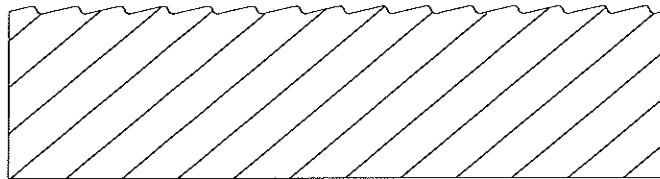
Cada metal posee cualidades propias, que se reúnen en las propiedades generales resumidas en la tabla adjunta:

PROPIEDADES FISICAS	Color	Signo exterior de reconocimiento rápido.
	Densidad	Los metales son más o menos pesados.
	Fusibilidad	Se funden más o menos fácilmente.
	Maleabilidad	Se forjan, se laminan o no.
	Conductibilidad térmica	Aparatos de calefacción
	Conductibilidad eléctrica	Aparatos y canalizaciones eléctricas.
	Dilatabilidad	Aumento de volumen bajo la acción del calor.
	Ductibilidad	Pueden hacerse hilos con ellos
CARACTERISTICAS MECANICAS	Tenacidad	Resistencia a la ruptura: tracción.
	Elasticidad	La pieza vuelve a su forma inicial.
	Dureza	Resistencia al desgaste, al frotamiento.
	Fragilidad	Resistencia a los choques.
	Fatiga	Resistencia a un esfuerzo débil pero repetido.
RESISTENCIA A LA DESTRUCCION	Desgaste	Pérdida de materia debido al frotamiento.
	Acción de agua, del aire.	Oxidación.
	Acción de los ácidos.	Corrosión.

### 3.7 Los estados de superficie

Cuando se trabaja una pieza, a mano o a máquina, se puede obtener, según los medios puestos en práctica e independientemente de la precisión y del aplanado de las superficies, un acabado mayor o menor. Este acabado se llama en términos de taller: estado de superficie. Una superficie trabajada con una lima basta, presentará surcos más gruesos que otra trabajada con una lima fina.

**Lima basta**



**Lima fina**

### 3.7.1 De que depende el estado de superficie

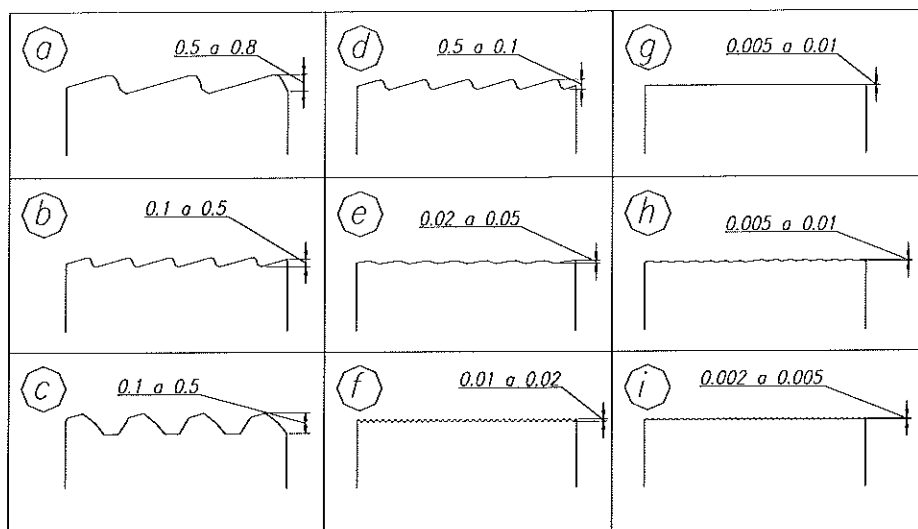
El estado de superficie que se desee obtener varía con la precisión exigida, el funcionamiento de la pieza o la presentación.

- **La precisión exigida:** Una pieza que lleve cotas a la centésima de milímetro deberá tener las superficies lo suficientemente lisas como para permitir esta precisión.
- **El funcionamiento de la pieza en el conjunto de que forma parte:** si se trata de una pieza que trabaje por frotamiento, deberá estar lisa para evitar que arranque el metal y permitir una buena lubricación.
- **La presentación:** las piezas mecánicas piden, según su uso, una presentación más o menos cuidada.

### 3.7.2 Diferentes estados de las superficies

Es difícil cifrar los desniveles que pueden existir en los diferentes estados de las superficies. No obstante, se pueden distinguir:

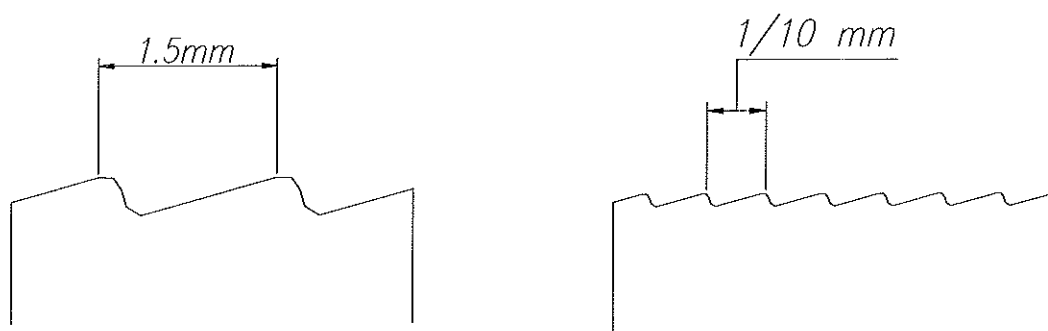
- superficies *buriladas (a)*
- superficies *cepilladas (b)*
- superficies *torneadas (c)*
- superficies *limadas (d)*
- superficies *raspadas (e)*
- superficies *rectificadas con muela (f)*
- superficies *pulidas (g)*
- superficies *esmeriladas (h)*
- superficies *bruñidas (i)*



### 3.7.3 Obtención de los estados de superficie

#### 3.7.3.1 Trabajo con máquinas-útiles corrientes

El útil de un torno, de una cepilladora, de una fresadora, etc.; traza un surco en la pieza; en cada pasada, ésta se desplaza una cierta medida y deja, pues, unas hendiduras y unas protuberancias más o menos acentuadas, según la forma de su corte y la importancia de las pasadas efectuadas.

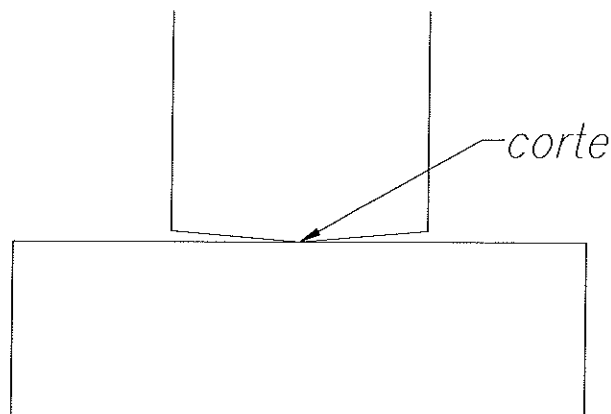


### 3.7.3.2 El limado

La rugosidad depende del tallado de la lima y la habilidad del obrero. Es evidente que una lima basta trazará surcos más profundos que una fina.

### 3.7.3.3 El raspado

El raspado trabaja por arranque del metal, pero siendo el corte del útil ancho y liso, permite nivelar en parte los trazos dejados por las limas y los útiles de las máquinas.



### 3.7.3.4 La rectificación con muela

El acabado depende del grano de las muelas; cuanto más fino sea, la superficie estará más rectificada y lisa.

La rectificación se emplea para realizar las cotas precisas, obteniéndose superficies geométricas perfectas.



### **3.7.3.5 El pulido**

El pulido se hace con ayuda de tela abrasiva, de cepillo impregnado con productos abrasivos muy finos. No obstante, no conviene para conseguir superficies planas precisas.

### **3.7.3.6 El esmerilado**

El esmerilado se hace con la ayuda de polvo abrasivo mezclado con aceite. Permite obtener superficies muy lisas con una gran precisión, es un medio de trabajo muy preciso y cuidado. Se utiliza para la terminación de los cilindros de los motores.

### **3.7.3.7 El bruñido**

El bruñido consiste en frotar con la ayuda de un útil de acero muy duro las superficies ya terminadas por el pulido, o el raspado, de forma que se borren las pequeñas rugosidades dejadas por el útil. El útil utilizado no es ni cortante ni desgastador. Vuelve prácticamente inoxidable el acero ordinario.

## **3.8 Los elementos de ensamblado**

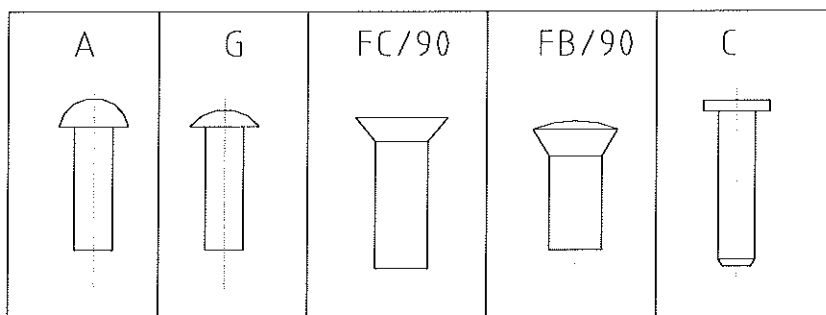
- Elementos que convienen a ensamblados fijos;
- Elementos que convienen a ensamblados desmontables.

### 3.8.1 Ensamblados fijos

#### 3.8.1.1 Los remaches

Los elementos más corrientes de ensamblado fijo son los remaches, puestos en frío o en caliente. Dan una buena unión a las piezas, pero no son desmontables. Se pueden distinguir

- Los remaches de cabeza redonda (símbolo: R), que son los más empleados
- Los remaches de cabeza de gota de sebo (símbolo: G)
- Los remaches de cabeza avellanada (símbolo: FC/90 o FC/60)
- Los remaches de cabeza avellanada bombeados (símbolo: FB/90)
- Los remaches de cabeza plana (símbolo: C)



La forma de las cabezas se elige en función del trabajo a ejecutar. La longitud de la varilla varía según el espesor de los ensamblados que se vayan a realizar.

### 3.8.2 Ensamblados desmontables

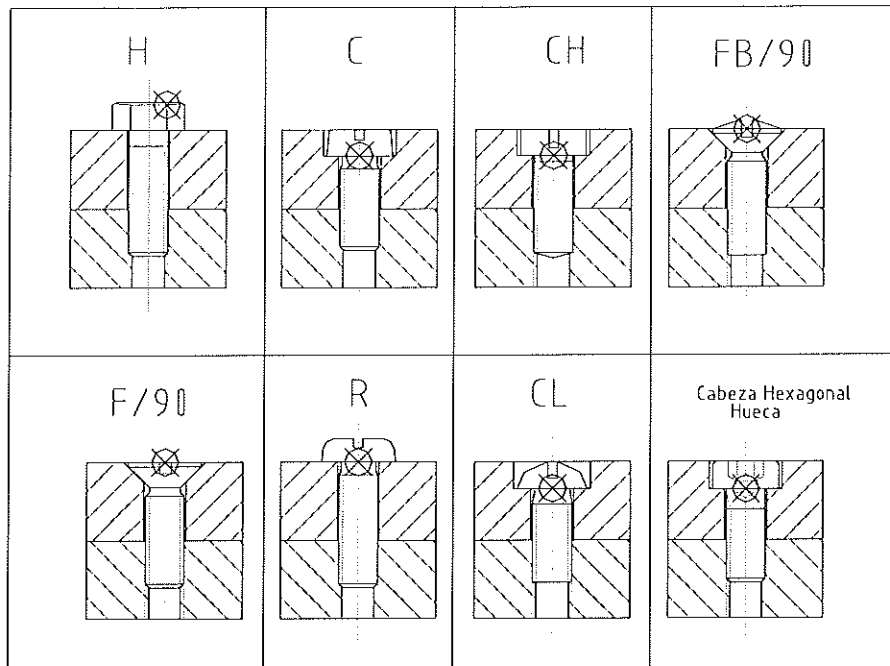
Los elementos de ensamblados desmontables son los tornillos, los tornillos de presión, las tuercas, los pernos, los espárragos, las arandelas, los pasadores de aletas y los frenos de tuercas.

#### 3.8.2.1 Los tornillos

Se emplean mucho para realizar ensamblados cuidados, fácilmente desmontables. Se montan en un agujero roscado en una de las dos piezas y aseguran por aprieto el montaje de la segunda, que está perforada con un taladro liso.

Se pueden distinguir:

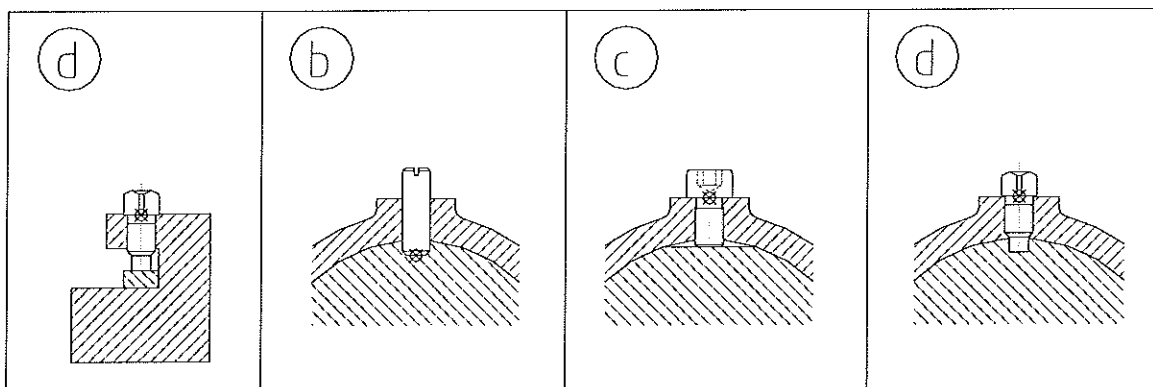
- Los tornillos de cabeza hexagonal (símbolo H)
- Los tornillos de cabeza cilíndrica (símbolo C)
- Los tornillos de cabeza cilíndrica reducida (símbolo CM)
- Los tornillos de cabeza avellanada (símbolo F/90)
- Los tornillos de cabeza avellanada bombeada (símbolo FB/90)
- Los tornillos de cabeza redonda (símbolo R)
- Los tornillos de cabeza cilíndrica bombeada (símbolo CL)
- Los tornillos de cabeza exagonal interior (sin símbolo)



### 3.8.2.2 Los tornillos de presión

Se emplean para fijar en posición una pieza con relación a otra. Se pueden distinguir.

Los tornillos de perno (a); los tornillos de extremo puntiagudo (b); los tornillos de cubeta (c). Los tornillos de perno se utilizan a menudo, para el guiado (d).

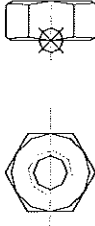


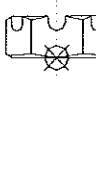
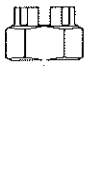
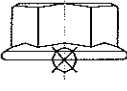


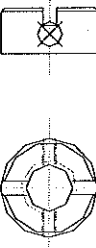



Las formas de las cabezas son casi las mismas que las de los tornillos ordinarios; pueden ser hexagonales, cuadradas o cilíndricas.

### 3.8.2.3 Las tuercas

Las tuercas son los accesorios de los tornillos, con los cuales forman los pernos. La tabla adjunta nos indica las tuercas más corrientes.

- Las tuercas hexagonales normales (símbolo H) con  $H=0.8 d$
- Las tuercas hexagonales de altura reducida (símbolo Hm) con  $Hm=0.5 d$
- Las tuercas hexagonales de mayor altura (símbolo Hh) con  $Hh=d$
- Las tuercas hexagonales con almenas (símbolo HK)
- Las tuercas hexagonales con almenas altas (símbolo HKL)

H 	Hm 	Hh 	HK 	HKL 
Con Asiento 	Ciega 	Q 	C 	O 

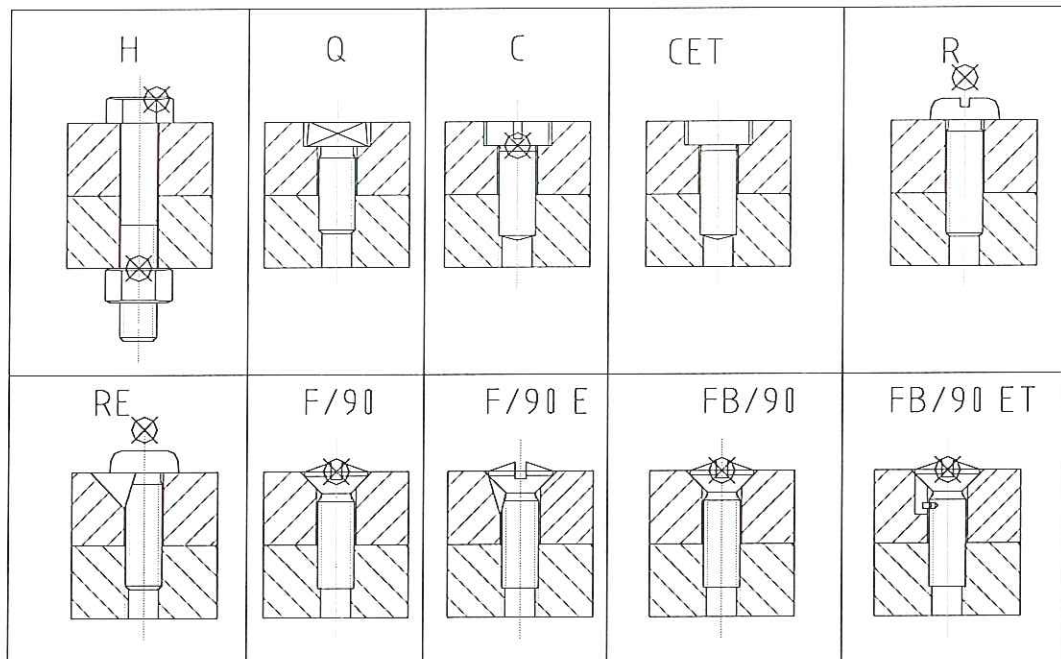


- Las tuercas hexagonales ciegas (sin símbolo)
- Las tuercas hexagonales con asiento (sin símbolo)
- Las tuercas cuadradas (símbolo Q)
- Las tuercas cilíndricas (símbolo C)
- Las tuercas de orejetas (símbolo O)

### 3.8.2.4 Los pernos

Un perno es el conjunto constituido por un tornillo y una tuerca.

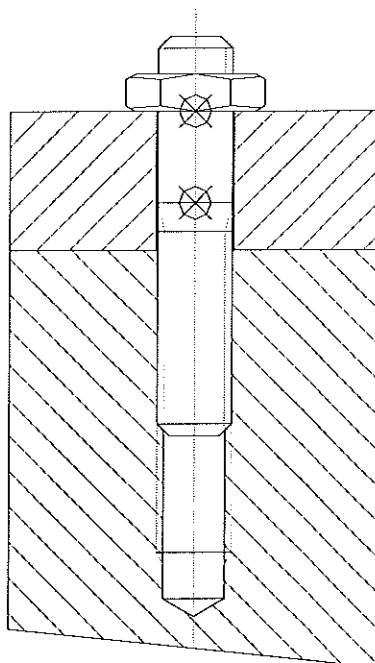
- El perno de cabeza hexagonal (símbolo H)
- El perno de cabeza cuadrada (símbolo Q)
- El perno cilíndrico sin resalte (símbolo C)



- El perno cilíndrico con resalte cilíndrico (símbolo CET)
- El perno de cabeza redonda sin resalte (símbolo R)
- El perno de cabeza redonda con resalte (símbolo RE)
- El perno de cabeza avellanada sin resalte (símbolo F/90)
- El perno de cabeza avellanada con resalte (símbolo F/90E)
- El perno de cabeza avellanada bombeada sin resalte (símbolo FB/90)
- El perno de cabeza avellanada bombeada con resalte (símbolo FB/90 ET)

### 3.8.2.5 Los espárragos roscados


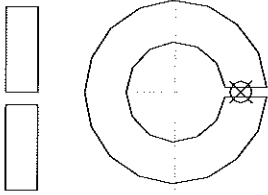

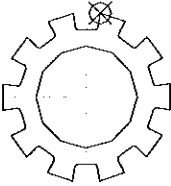
Los espárragos son unas varillas roscadas por los dos extremos, uno atornillado en su alojamiento en una de las piezas a ensamblar y otro que recibe una tuerca.



### 3.8.2.6 Las arandelas

Las arandelas están destinadas a impedir el aflojamiento de las tuercas. Las hay de varias clases.

- Las arandelas ordinarias en bruto (símbolo M)
- Las arandelas ordinarias trabajadas (símbolo MU)
- Las arandelas Grower (símbolo W)
- Las arandelas de abanico (sin símbolo)

<p>M</p> 	<p>W</p> 
<p>MU</p> 	<p>Abanico</p> 



### 3.8.2.7 Los pasadores

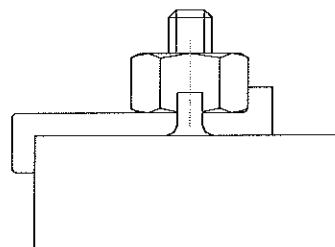
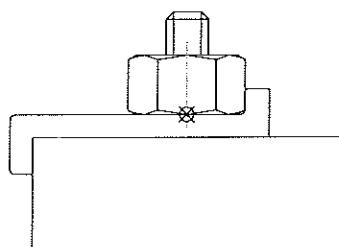
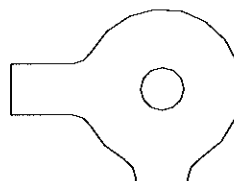
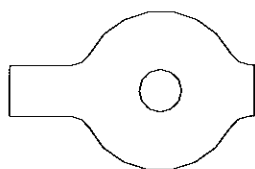
Los pasadores están destinados igualmente a impedir el aflojamiento de las tuercas, pero de una forma más positiva que las arandelas. Se distinguen:

- Los pasadores de aletas (símbolo V)
- Los pasadores cónicos (símbolo I)



### 3.8.2.8 Los frenos de tuercas

Los pernos de tuercas son unas plaquetas de formas diversas, recortadas en chapa y dobladas, cuando se montan, contra las caras de las tuercas hexagonales.



## **CAPITULO 4 ACERO Y ALUMINIO: ALEACIONES DE INGENIERIA**

Los metales y aleaciones poseen muchas propiedades útiles en ingeniería, por lo que presentan gran aplicación en los diseños de ingeniería. El hierro y sus aleaciones (principalmente de acero) suponen aproximadamente el noventa por ciento de la producción mundial de metales, fundamentalmente por la combinación de buena resistencia, tenacidad y ductilidad a un coste relativamente bajo. Cada metal tiene propiedades especiales para su uso en diseños de ingeniería y su elección resulta del análisis comparativo de costes con otros metales y materiales.

El arrabio del alto horno se transfiere normalmente en estado líquido a un horno de fabricación de acero.

Los aceros ordinarios al carbono son esencialmente aleaciones de hierro y carbono con un contenido de hasta aproximadamente un 1,2% de carbono. Sin embargo, la mayoría de los aceros contienen menos de un 0,5% de carbono. La mayoría del acero se obtiene mediante oxidación del carbón y otras impurezas del arrabio hasta que el contenido de carbono del hierro se reduce al nivel requerido.

El proceso más utilizado habitualmente para convertir el arrabio en acero es el soplado con oxígeno y medio básico. En este proceso, el arrabio y hasta un 30% de chatarra de acero se cargan en un convertidor en forma de túnel revestido de material refractario, en el que se inserta una bala de oxígeno.

Los aceros al carbono son muy satisfactorios donde la resistencia y otros requisitos no son muy severos. Estos aceros se utilizan también con todo éxito a las temperaturas comunes y en atmósferas que no son altamente corrosivas, pero su templabilidad relativamente baja limita la resistencia que puede obtenerse, excepto en secciones regularmente delgadas. Casi todos los aceros endurecidos se revienen para reducir las tensiones internas. Se destaca que los aceros al carbono muestran una marcada suavidad con el incremento de la temperatura de revenido. Este comportamiento disminuirá su aplicabilidad para piezas que requieren dureza por arriba de la temperatura ambiente. La mayoría de las limitaciones de los aceros al carbono pueden vencerse mediante el uso de elementos de aleación.

Un *acero aleado* puede definirse como aquel cuyas propiedades características se deben a algún elemento diferente del carbono. Aunque todos los aceros al carbono contienen moderadas cantidades de manganeso (hasta del 0.90%) y silicio (hasta del 0.30%) no se consideran aleados, porque la función principal del manganeso y del silicio es actuar como desoxidadores. Ellos se combinan con el oxígeno y con el azufre, para reducir el efecto nocivo de dichos elementos.

#### **4.1 Propósito de la aleación**

Los elementos de aleación se añaden a los aceros para muchos propósitos, entre los cuales los más importantes son:

1. Aumentar la templabilidad;
2. Mejorar la resistencia a temperaturas comunes;
3. Mejorar las propiedades mecánicas tanto a altas como a bajas temperaturas;

4. Mejorar la tenacidad a cualquier dureza o resistencia mínima;
5. Aumentar la resistencia al desgaste;
6. Aumentar la resistencia a la corrosión, y
7. Mejorar las propiedades magnéticas.

## 4.2 Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables se seleccionan como materiales de ingeniería principalmente por su excelente resistencia a la corrosión en muchos medios. La resistencia a la corrosión del acero inoxidable se debe a su alto contenido en cromo. Para hacer un <<acero inoxidable>> sin oxidar, se debe asegurar la presencia al menos de un 12% de cromo (Cr) en el acero. De acuerdo con la teoría clásica, el cromo forma un óxido superficial que protege la subyacente aleación de hierro-cromo de la corrosión. Para producir el óxido protector, el acero inoxidable debe estar expuesto a agentes oxidantes.

En general, hay cuatro tipos básicos de aceros inoxidables: ferríticos, martensíticos, austeníticos y endurecidos por precipitación.

Estos aceros tienen aplicaciones resistentes a la corrosión y al calor. Un sistema de numeración de tres números se utiliza para identificar los aceros inoxidables. Los dos últimos números no tienen significado específico, pero el primero indica el grupo como sigue:

<b>Designación de la serie</b>	<b>Grupos</b>
2xx	Cromo-níquel-manganeso; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos
3xx	Cromo-níquel; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos
4xx	Cromo; endurecibles, martensíticos, magnéticos
4xx	Cromo; no endurecibles, ferríticos, magnéticos
5xx	Cromo; bajo cromo, resistentes al calor

La propiedad de resistencia a la corrosión se debe a una película delgada, adherente, estable de óxido de cromo o de óxido de níquel que protege efectivamente al acero contra muchos medios corrosivos. Esta propiedad no es evidente en los aceros estructurales al bajo cromo y existe sólo cuando el contenido de cromo excede 10%.

Como los aceros inoxidables contienen cantidades relativamente grandes de cromo, las aleaciones hierro-cromo-carbono pertenecen a un sistema ternario.

La respuesta al tratamiento térmico de los aceros inoxidable y resistentes al calor depende de su composición; se dividen en tres grupos generales.

#### **4.2.1 Aceros inoxidable Ferríticos**

Los *aceros inoxidable ferríticos* son esencialmente aleaciones binarias hierro-cromo que contienen alrededor de un 12 a un 30% de Cr. Se llaman ferríticos porque su estructura permanece en su mayor parte ferrítica, en condiciones normales de tratamiento térmico.

Este grupo de aceros inoxidable con sólo cromo contienen aproximadamente de 14 a 27% de cromo e incluye los tipos 405, 430. Como estos aceros contienen poco carbono pero generalmente más cromo que los de grados martensíticos, no se pueden endurecer por tratamiento térmico, sino sólo moderadamente mediante trabajo en frío. Son magnéticos y pueden trabajarse en frío o en caliente, pero alcanzan su máxima suavidad, ductilidad y resistencia a la corrosión en la condición de recocido. En esta condición, la resistencia de estos aceros es aproximadamente 50% mayor que la de los aceros al carbono; además, son superiores en resistencia a la corrosión y maquinabilidad a los aceros martensíticos inoxidable. Como los aceros ferríticos pueden formarse fácilmente en frío, se utilizan mucho para profundos estampados de piezas, como recipientes para industrias químicas y alimenticias y para adornos arquitectónicos y automotrices.

#### **4.2.2 Aceros inoxidable Martensíticos**

Los *aceros inoxidable martensíticos* son esencialmente aleaciones de Fe-Cr que contienen del 12 al 17% de Cr con suficiente carbono (0,15 a 1% C), de tal modo que es

posible obtener una estructura martensítica por temple de la región de fase austenítica. Estas aleaciones se llaman martensíticas porque son capaces de desarrollar una estructura martensítica después de un tratamiento térmico de austenización y temple. Puesto que la composición de los aceros inoxidable martensíticos se ajusta para optimizar resistencia y dureza, la resistencia a la corrosión de estos aceros es relativamente pobre comparada con los austeníticos y ferríticos.

Estos aceros son principalmente aceros con sólo entre 11.5 y 18% de cromo. Algunos ejemplos de este grupo son los tipos 403, 410, 416, 420, 440A, 501 y 502.

#### **4.2.3 Aceros inoxidable Austeníticos**

Los aceros inoxidable austeníticos son esencialmente aleaciones terciarias de Fe-Cr-Ni que contienen entre un 16 y un 25% de Cr y desde un 7 a un 20% de Ni. Estas aleaciones se llaman austeníticas porque su estructura recuerda a la austenita a todas las temperaturas normales de tratamiento térmico.

Los aceros inoxidable austeníticos tienen normalmente mejor resistencia a la corrosión que los ferríticos y martensíticos, porque los carburos pueden retenerse en solución sólida por enfriamiento rápido desde altas temperaturas. Sin embargo, si estos aceros han de ser soldados o enfriados lentamente desde altas temperaturas a través del rango 870 a 600°C, pueden ser susceptibles de corrosión intergranular porque los carburos del cromo contenido precipitan en los bordes de grano. Esta dificultad puede evitarse en cierto grado o bien descendiendo el máximo contenido de carbono hasta aproximadamente el 0.03% de

C (acero tipo 304L) o bien añadiendo un elemento aleante tal como el niobio (aleación tipo 347) para que se combine con el carbono existente.

Estos son los aceros inoxidable al cromo (tipo 3xx) y al cromo-níquel-manganeso (tipo 2xx), que resultan austeníticos; son esencialmente no magnéticos en la condición de recocido y no endurecen por tratamiento térmico. El contenido total de níquel y cromo es de por lo menos 23%. Se pueden trabajar fácilmente en caliente o en frío cuando se toman precauciones adecuadas para que en forma rápida endurezcan por trabajo. El trabajo en frío les desarrolla una amplia variedad de propiedades mecánicas y, en esta condición, el acero puede llegar a ser ligeramente magnético. Son muy resistentes al impacto y difíciles de maquinar, a menos que contengan azufre y selenio (tipos 303 y 303 Se).

Estos aceros tienen la mejor resistencia a altas temperaturas y resistencia a la formación de escamas de los aceros inoxidable. Su resistencia a la corrosión suele ser mejor que la de los aceros martensíticos o ferríticos.

El tipo 304 tiene una modificación del bajo carbono del 302 para restricción de precipitación de carburo durante el soldado: se utiliza para equipo de procesamiento de alimentos y químico y en alambres para grabación.

El tipo 304L tiene como algunas de sus características una modificación del extrabajo carbono del 304 para ulterior restricción de precipitación de carburo durante el soldado.



Mayor resistencia a la corrosión que el 302 o 304 debido al contenido de Mo; tiene alta resistencia a la fluencia; se utiliza para equipo químico, de manejo de carne, fotográfico y de alimentos.

El uso de materiales metálicos en diseños de ingeniería es importante actualmente y continuará siéndolo en el futuro previsiblemente, sobre todo por algunas de sus propiedades y atributos.

- Excelente resistencia a la corrosión, buena resistencia y suficiente ductilidad.
- Los aceros inoxidable son las aleaciones ferrosas más importantes a causa de su alta resistencia a la corrosión en medios oxidantes. Para hacer un acero inoxidable <<sin oxidar>>, debe contener, al menos, un 12% Cr.

Los aceros inoxidable requieren adiciones de aleación para prevenir el daño causado por una atmósfera corrosiva.

Los *aceros inoxidable* son más resistentes a la herrumbre y a la decoloración que los aceros al carbono y de baja aleación, ello se debe, sobre todo, a la presencia de cromo. La cantidad de cromo es, cuando menos, del 4% de peso y por lo común cerca del 10% de peso. Algunas veces se usan niveles tan altos como 30% de Cr.

Las nomenclaturas de las aleaciones se da en tablas o listas que son convenientes pero arbitrarias y por lo general son estandarizadas por organizaciones profesionales como la AISI (American Iron and Steel Institute) y la SAE (Society of Automotive Engineers). Esta nomenclatura tradicional tiende a ser tan variada como las mismas aleaciones. Hay un

esfuerzo creciente para usar un sistema de numeración unificado para la designación de las aleaciones. El nuevo Sistema Unificado (Unified Numbering System UNS).

#### **4.2.4 Aceros inoxidables endurecibles por precipitación**

Como resultado de las investigaciones que se hicieron durante la Segunda Guerra Mundial, se diseñó un nuevo grupo de aceros inoxidables con características de endurecimiento por precipitación. Estos aceros generalmente se tratan con un recocido en acería y se surten en esa condición. Después de formados, se envejecen para alcanzar el valor en dureza y resistencia deseados. En general, tienen menor contenido de níquel, reduciendo de esta manera la estabilidad de la austenita. Estos aceros pueden tener también elementos como cobre y aluminio, que tienden a formar precipitados aleados coherentes.

### 4.3 Tabla de aleaciones de acero inoxidable

TABLA. Nomenclatura de aleaciones para algunos aceros inoxidables comunes.

Tipo	Número UNS	Composición (% de peso) <sup>3</sup>							
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	Al
<i>Tipos austeníticos</i>									
201b	S20100	0,15	5,5-7,5	1,00	16,0-18,0	3,5-5,5			
304	S30400	0,08	2,00	1,00	18,0-20,0	8,0-10,5			
310	S31000	0,25	2,00	1,50	24,0-26,0	19,0-22,0			
316	S31600	0,08	2,00	1,00	16,0-18,0	10,0-14,0	2,0-3,0		
347c	S34700	0,08	2,00	1,00	17,0-19,0	9,0-13,0			
<i>Tipos ferríticos</i>									
405	S405003	0,08	1,00	1,00	11,5-14,5				0,10-0,30
430	S43000	0,12	1,00	1,00	16,0-18,0				
<i>Tipos martensíticos</i>									
410	S41000	0,15	1,00	1,00	11,5-13,0				
501	S50100	0,10 min.	1,00	1,00	4,0-6,0		0,40-0,65		
<i>Tipos de endurecimiento por precipitación</i>									
17-4PHd	S17400	0,07	1,00	1,00	15,5-17,5	3,0-5,0		3,0-5,0	
17-7 PH	S17700	0,09	1,00	1,00	16,0-18,0	6,5-7,75			0,75-1,5

Fuente: Datos de *Metals Handbook*, 9ª ed., Vol.3, American Society for Metals, Metals Park Ohio, 1980.

<sup>a</sup> Los valores solos son los valores máximos a menos que se indique otra cosa.

b0.25% de peso de N.

c10x%C = min.Nb+Ta (opcional)

d0, 15 - 0,45% de peso de Nb+Ta.

## 4.4 Aluminio

### 4.4.1 Propiedades del aluminio de ingeniería

El aluminio posee una combinación de propiedades que lo convierten en un material extremadamente útil en ingeniería. El aluminio tiene una densidad baja ( $2,70 \text{ g/cm}^3$ ), que le confiere una utilidad particularmente importante para el transporte de productos manufacturados. El aluminio también tiene buena resistencia a la corrosión en la mayoría de los entornos naturales debido a la película de óxido que se forma en su superficie. A pesar de que el aluminio puro tiene poca resistencia, puede ser aleado hasta alcanzar una resistencia de aproximadamente 100 ksi (690 Mpa). El aluminio no es tóxico y se utiliza ampliamente para empaquetar y contener alimentos. El precio -relativamente bajo- del aluminio junto a sus útiles propiedades convierten a este metal en uno de los más importantes a nivel industrial.

El aluminio es el elemento metálico más abundante de la corteza terrestre y siempre se presenta en estado combinado, con otros elementos como hierro, oxígeno y silicio. La bauxita, que consta principalmente de óxidos hidratados de aluminio, es el mineral comercial más usado para la producción de aluminio.

Después de que el metal ha sido desgasificado y desescoriado, se le criba y cuela en moldes con forma de lingote para refundición o en forma de lingotes primarios como lingotes en láminas o lingotes de extrusión para fabricación posterior.

**Fabricación primaria.-** Las formas de lingotes tales como láminas o lingotes de extrusión se moldean generalmente de modo semicontinuo por el *método de enfriamiento directo*.

#### **4.4.2 Clasificación de las aleaciones de aluminio forjado**

Las aleaciones de aluminio forjado (por ejemplo, chapa, lámina, extrusiones, varilla y alambre) son clasificadas de acuerdo con los elementos aleantes principales que contenga la aleación. Para identificar las aleaciones de aluminio forjado se utiliza una designación numérica de cuatro dígitos. El primer dígito indica el grupo de aleaciones que contienen elementos aleantes específicos. Los dos últimos dígitos identifican la aleación de aluminio o indican la pureza en aluminio. El segundo dígito indica la modificación de la aleación original o los límites de impurezas.

#### **4.4.3 Designaciones del grado de endurecimiento**

Las designaciones del grado de endurecimiento para aleaciones de aluminio forjado figuran después de la designación de la aleación y están separadas por un guión (por ejemplo, 1100-0). Las subdivisiones del grado de endurecimiento básico se indican por uno o más dígitos que siguen a la letra de la designación básica (por ejemplo, 1100-H14).

##### ***Designaciones del grado de endurecimiento básico.***

F- Tal como se fabricó. Sin control sobre la cuantía del endurecimiento por deformación, ningún límite de propiedades mecánicas.

- O - Recocido y recristalizado. Endurecimiento con mínima resistencia y máxima ductilidad.
- H- Endurecimiento por deformación.
- T- Tratado térmicamente para producir endurecimientos estables además de F u O.

***Subdivisiones del endurecimiento por deformación.***

- H1- Sólo endurecido por deformación. El grado de endurecimiento por deformación se indica por el segundo dígito y varía desde 1 cuarto de endurecimiento (H12) hasta endurecimiento total (H18), que se produce con, aproximadamente, un 75% de reducción de área.
- H2- Endurecimiento por deformación y recocido parcial. Los tramos de endurecimiento desde la cuarta parte hasta la totalidad que se obtienen por recocido parcial de materiales trabajados en frío con mayores resistencias inicialmente que las deseadas. Los grados de endurecimiento son H22, H24, H26 y H28.
- H3- Endurecimiento por deformación y estabilizado. Grados de endurecimiento para aleaciones de aluminio-magnesio reblandecidas por envejecimiento que son endurecidas por deformación y después calentadas a bajas temperaturas para incrementar la ductilidad y estabilizar las propiedades mecánicas. Los grados de endurecimiento son H32, H34, H36 y H38.

### ***Subdivisiones del tratamiento térmico.***

- T1- Envejecimiento natural. Se enfría el producto desde un proceso de modelado a altas temperaturas y se envejece de modo natural hasta una condición sustancialmente estable.
- T3- Tratamiento térmico en solución, trabajado en frío y envejecimiento natural hasta una condición sustancialmente estable.
- T4- Tratamiento térmico en solución y envejecimiento natural hasta una condición sustancialmente estable.
- T5- Enfriado desde el proceso de modelado a altas temperaturas y después envejecimiento artificial.
- T6- Tratamiento térmico en solución y envejecimiento artificial.
- T7- Tratamiento térmico en solución y estabilizado.
- T8- Tratamiento térmico en solución, trabajado en frío y envejecimiento artificial.

#### **4.4.4 Aleaciones de aluminio forjado no tratables térmicamente**

Las aleaciones de aluminio forjado pueden dividirse en dos grupos: *aleaciones de aluminio no tratables térmicamente y tratables térmicamente*. Las aleaciones de aluminio no tratables térmicamente no pueden ser reforzadas por precipitación y solamente pueden ser trabajadas en frío para aumentar su resistencia. Los tres grupos más importantes de aleaciones de aluminio forjado no tratables térmicamente son los grupos 1xxx, 3xxx y 5xxx. La tabla expuesta más adelante reúne las composiciones químicas, las propiedades mecánicas típicas y aplicaciones de algunas aleaciones de aluminio forjado seleccionadas para la ocasión.

#### 4.4.5 Aleaciones de aluminio forjado tratables térmicamente

Algunas aleaciones de aluminio pueden reforzarse por precipitación mediante tratamientos térmicos. Todas las aleaciones de aluminio forjado tratables térmicamente de los grupos 2xxx, 6xxx y 7xxx se refuerzan por precipitación con mecanismos similares. La tabla descrita más adelante muestra las composiciones químicas, las propiedades mecánicas típicas y aplicaciones de algunas de las aleaciones de aluminio forjado tratables térmicamente más importantes industrialmente.

#### 4.4.6 Aleaciones de aluminio para fundición

**Procesos de fundición.-** Las aleaciones de aluminio normalmente se moldean mediante tres procesos principales: fundición de arena, fundición con molde permanente y fundición en coquilla.

La *fundición de arena* es el más sencillo y más versátil entre los procesos de fundición de aluminio. El proceso de piezas moldeadas en arena se elige normalmente para la producción de: (1) cantidades pequeñas de piezas moldeadas idénticas, (2) piezas moldeadas complejas con núcleos complicados, (3) grandes piezas moldeadas, y (4) piezas moldeadas estructurales.

En la *fundición con molde permanente* se vierte el metal fundido en un molde metálico permanente bajo gravedad, baja presión o presión centrífuga solamente. Las piezas moldeadas de la misma aleación y forma producidas por un molde permanente tienen una



estructura de grano más fino, y son más resistentes que las piezas moldeadas en molde de arena. La velocidad de enfriamiento -más rápida- de las piezas moldeadas en molde permanente produce una estructura de grano más fino. Además, las piezas moldeadas en molde permanente poseen generalmente menores contracciones y porosidades que las piezas moldeadas en arena. Sin embargo, los moldes permanentes tienen limitaciones de tamaño y para piezas complejas puede resultar difícil o imposible la fundición con un molde permanente.

En la *fundición en coquilla* se moldean piezas idénticas al máximo tiempo de producción aplicando presiones considerables al metal fundido. Las dos partes de la matriz de metal se cierran de forma segura para poder resistir la alta presión. El aluminio fundido es obligado a repartirse por las cavidades de la matriz. Cuando el metal se ha solidificado, las matrices se desbloquean y se abren para extraer la pieza caliente recién moldeada. Las dos partes de la matriz se vuelven a cerrar y el ciclo se repite de nuevo. Algunas ventajas de la función en coquilla son: (1) las piezas moldeadas a presión están casi completamente acabadas y pueden producirse a ritmo alto, (2) las tolerancias dimensionales de cada parte de la pieza moldeada pueden mantenerse más cercanas que con otros procesos de piezas moldeadas; (3) en las fundiciones es posible la obtención de superficies tersas; (4) un rápido enfriamiento de las piezas moldeadas produce una estructura de grano fino; y (5) el proceso puede automatizarse fácilmente.

#### **4.4.7 Composición de aleaciones de aluminio para fundición**

Las aleaciones de aluminio para fundición se han desarrollado habida cuenta de que proporcionan calidades de fundición idóneas, como fluidez y capacidad de alimentación,

así como para propiedades como resistencia, ductilidad y resistencia a la corrosión. Como resultado, estas composiciones químicas difieren bastante de las aleaciones de aluminio forjado. En la tabla siguiente se recogen las composiciones químicas, las propiedades mecánicas y aplicaciones de algunas aleaciones de aluminio para fundición seleccionadas con este fin. Estas aleaciones se clasifican en Estados Unidos de acuerdo con el sistema de la Aluminum Association. En este sistema, las aleaciones de aluminio para fundición se encuentran agrupadas según los elementos aleantes principales que pueden contener; mediante la utilización de un número de cuatro dígitos con un período entre los dos últimos dígitos, como se especifica en la tabla.

El silicio en un rango entre el 5 y el 12% es el elemento de aleación más importante dentro de las aleaciones de aluminio para fundición, ya que promueve un aumento de la fluidez en los metales fundidos y de su capacidad de alimentación en los moldes, además de servir como refuerzo del aluminio. La adición de magnesio, en un porcentaje entre el 0.3 y el 1 %, aumenta la resistencia, principalmente mediante reforzamiento por precipitación a través de un tratamiento térmico. En algunas aleaciones de aluminio para fundición también se añade cobre, en una proporción comprendida entre el 1 y el 4%, con el fin de aumentar la resistencia, especialmente a temperaturas elevadas. También se añaden a algunas aleaciones de este tipo otros elementos de aleación, como cinc, estaño, titanio y cromo.

En algunos casos, si la velocidad de enfriamiento del fundido solidificado en el molde es suficientemente rápida, es posible que se produzca una aleación tratable térmicamente en la condición de estado sólido supersaturado. De este modo, las etapas de tratamiento térmico en solución y temple se pueden omitir en el proceso de reforzamiento por

precipitación de la fundición y sólo se requiere el consiguiente envejecimiento de la pieza moldeada una vez que ha sido retirada del molde. Un buen ejemplo de la aplicación de este tipo de tratamiento térmico es la producción de pistones (para automóviles) reforzados por precipitación.

**Tabla. Grupo de aleaciones de aluminio para fundición.**

Aluminio, 99%, mínimo y mayor	1xx.x
Aleaciones de aluminio agrupadas por elementos aleantes principales:	
Cobre	2xx.x
Silicio, con adición de cobre y/o magnesio	3xx.x
Silicio	4xx.x
Magnesio	5xx.x
Cinc	7xx.x
Estaño	8xx.x
Otros elementos	9xx.x
Series sin emplear	6xx.x

TABLA. Propiedades mecánicas típicas y aplicaciones de las aleaciones de aluminio.

Número AISI-SAE de aleación*	Composición química % en peso+	Tratamiento++		Mpa		ksi		Elongación (%)	Aplicaciones típicas
				Mpa	ksi	Mpa	ksi		
<b>Aceros al manganeso</b>									
1,100	99,0 min al, 0.12 Cu	Recocido (-O)	13	89 (av)	3,5	24 (av)	25	25	Trabajo de laminación del metal.
		Semi-endurecido (-H14)	8	124 (av)	14	97 (av)	4	4	
3,003	1.2 Mn	Recocido (-O)	17	117 (av)	5	34 (av)	23	23	Recipientes a presión
		Semi-endurecido (-H14)	23	159 (av)	23	159 (av)	17	17	equipamiento químico. trabajo de laminación del metal.
5,052	2.5 Mg, 0.25Cr	Recocido (-O)	28	193 (av)	9,5	65 (av)	18	18	Camiones, autobuses, usos en
		Semi-endurecido (-H34)	38	262 (av)	26	179 (av)	4	4	marina, tuos hidráulicos.
2,024	4.4 Cu, 1.5Mg 0.6 Mn	Recocido (-O)	32	220 (máx)	14	97 (máx)	12	12	Estructuras de aviones.
		Tratamiento térmico (-T6)	64	442 (min)	50	345 (min)	5	5	
6,061	1.0 Mg, 0.6 Si, 0.27 Cu, 0.2 Cr	Recocido (-O)	22	152 (máx)	12	82 (máx)	16	16	Camiones y estructuras
		Tratamiento térmico (-T6)	42	290 (min)	35	241 (min)	10	10	marinas, tuberías, carriles.
7,075	5.6 Zn, 2.5 Mg 1.6 Cu, 0.23 Cr	Recocido (-O)	40	276 (máx)	21	145 (máx)	10	10	Aviones y otras estructuras.
		Tratamiento térmico (-T6)	73	504 (min)	62	428 (min)	8	8	
<b>Aleaciones para fundición</b>									
355,0	5 Si, 1.2 Cu, 0.5 Mg	Fundición en arena (-T6)	32	220 (min)	20	138 (min)	2,0	2,0	Bombas domésticas,
		Molde permanente (-T6)	37	285 (min)	...	...	1,5	1,5	accesorios de aviones, cárter de aviones.
356,0	7 Si, 0.3 Mg	Fundición en arena (-T6)	30	207 (min)	20	138 (min)	3	3	Fundiciones de gran
		Molde permanente (-T6)	33	229 (min)	22	152 (min)	3	3	complejidad, ejes portadores de las motoras, ruedas de camiones.
332,0	9.5 Si, 3 Cu, 1.0 Mg	Molde permanente (-T5)	31	214 (min)					Pistones de automóviles.
431,0	12 Si, 2 Fe	Fundición en coquilla	43	297	21	145 (min)	2,5	2,5	Fundiciones complicadas.

Número de asociación de aluminio. + Balance de aluminio. + O = recocido y recristalizado; H14 = endurecido por deformación únicamente; H34 = endurecido por deformación y estabilizado; T5 = enfriado desde temperatura elevada, proceso de conformado, luego envejecimiento artificial; T6 = tratamiento térmico de solución, luego envejecido artificialmente.

## CAPITULO 5: CONSTRUCCION Y ENSAMBLAJE

### 5.1 Antecedentes del trabajo

Una vez aprobado el tema de tesis, nos reunimos con el director de tesis, el Ing. Néstor Bernal, y analizamos todos los puntos a tener en cuenta para la óptima realización de la tesis de grado, entre ellos podemos destacar varios:

- Tiempo real con el que contamos para la investigación y construcción de la máquina
- Como se va a realizar el cronograma de trabajo
- Sitios donde obtener información certera acerca de éste tipo de máquinas
- Posibles lugares donde construir el fluidificador
- Tratar de regirnos al diseño de tesis aprobado, en sus formas y capacidades

Decidimos reunirnos periódicamente cada quince días, sobretodo al principio para poder ir definiendo las operaciones que son válidas y debemos realizar, para enrumbarnos hacia la construcción del fluidificador semindustrial.

Dentro de las reuniones decidimos las posibles dimensiones que debería tener el vaso del fluidificador para acercarse a la capacidad presentada en el diseño de tesis, el mismo que en primera instancia sería de 12 litros, realizando cálculos y utilizando un catálogo para extraer las fórmulas respectivas y utilizando las unidades debidas, llegamos a la conclusión que las dimensiones podrían ser de:

- $D = 250\text{mm}$
- $d = 180\text{mm}$
- $L = 350\text{mm}$

- D = diámetro superior del vaso
- d = diámetro inferior del vaso
- L = longitud del vaso

Aplicamos la fórmula para calcular el volumen de un tronco de cono, que es:

$$V = \Pi / 12 \cdot h (D^2 + D.d + d^2)$$

$$V = 3.1416 / 12 \times 350 (250^2 + 250 \times 180 + 180^2)$$

$$V = 12.819 \text{ litros}$$

Con ésta formula iniciamos las aproximaciones a lo que sería la capacidad final del vaso de la licuadora, es decir las medidas finales.

Obviamente estas dimensiones están sujetas a posibles cambios ya que estamos diseñando y realizando tan solo cálculos, será el constructor el que de acuerdo a su maquinaria disponible, sugerencias y experiencias nos ayude a decidir las dimensiones finales, estas dimensiones de acuerdo al cálculo del área del vaso, superan los 12 litros.

Otra decisión importante fue que la capacidad del motor y el tipo de motor era fundamental para poder diseñar el fluidificador, el motor apropiado estará indirectamente en constante contacto con líquidos, además buscamos la forma de acople ideal para el motor y las características del fluidificador, el cual debe funcionar en una posición vertical para poder construir basados en previos diseños investigados y que tienen excelentes resultados.

Dentro de los sitios a los cuales acudimos a pedir información está una comercializadora de motores y maquinaria para alimentos, llamada Equindeca, no tienen en stock ningún modelo de fluidificador pero nos facilitan un catálogo sobre cierta maquinaria de alimentos, que también nos sirvió de referencia, aunque ellos no han tenido buena experiencia con el fluidificador que han entregado a sus clientes, la principal falla por no decir la única, según ellos, es que el motor se funde y no permite realizar operaciones requeridas en restaurantes grandes, hospitales y fábricas que es donde han colocado dichos fluidificadores, notándose que el tipo de motor a emplearse es la clave para ésta máquina. Otro sitio visitado fue Improservice que vende maquinaria de alimentos y esta ubicada en la Manuel Vega y Gran Colombia, los modelos ahí expuestos no tenían un buen sistema de vaciado seguro, que nos pudiese convencer de su éxito para el laboratorio.

También acudimos a diferentes metalmecánicas de la ciudad para conocer las posibilidades de construir la máquina y si tenían alguna experiencia que nos permitiera tomar decisiones acerca del motor a emplear, entre ellas fuimos donde un Sr. Segarra que trabaja en acero inoxidable y construye cierto tipo de máquinas para alimentos, la cuál queda en el camino a Paccha, 1.5 Km. del redondel del nuevo hospital del IESS en la autopista Cuenca-Azogues, no tenía mayor experiencia en fluidificadores semindustriales, aunque su disposición para construir el vaso en acero inoxidable era buena.

De esta forma se visitó algunas metalmecánicas de la ciudad que podían tener conocimiento para la construcción del fluidificador, entre ellas la que más nos pareció conocer y a la vez ya tenían experiencia en fluidificadores fue Talleres Sumbita, dialogamos con ellos y decidimos que eran los más aptos para este trabajo.

Tomada esta decisión emprendimos en un intercambio de ideas con la gente de Talleres Sumbita para realizar los cálculos definitivos y para poder saber los cambios necesarios que se deben realizar a la idea que teníamos en mente, basándonos en la disponibilidad de maquinaria apropiada para construir y montar las partes del fluidificador semindustrial y poder tener una máquina que funcione bien, responda a las necesidades de una planta de mediana capacidad como la de la Universidad del Azuay y a la vez se demuestre la oportunidad de diseñar equipo en el ámbito de ingeniería de alimentos para cada necesidad o capacidad.

A continuación describiremos la construcción y montaje de la máquina, basados en muchas operaciones mecánicas que se explicaron en el Capítulo 3 sobre propiedades y trabajo en los materiales, es una memoria técnica, descrita con palabras de como se fue elaborando y armando cada parte, su razón y porque se tomó tal o cual decisión, se tratará de ser lo más claro y explicativo para su entendimiento.

## **5.2 Características del motor escogido**

Siendo la clave del éxito el tipo de motor que se elija, se tuvo muy presente las experiencias de los diferentes centros de venta de maquinaria de alimentos y la de los constructores, ya que unas características adecuadas para el uso que se le va a dar permitirán preveer un buen funcionamiento, durabilidad y fácil mantenimiento.

En razón de esto se eligió el motor de las siguientes características:

- motor asíncrono, marca WEG
- monofásico con condensador de arranque



- salida para 110 y 220 Voltios (V)
- velocidad de 3520 r.p.m.
- 2 polos de corriente alterna
- conectado los bobinados en paralelo para 110 V y en serie (sí es necesario) para 220 V
- jaula de ardilla
- frecuencia 60 Hz
- potencia de 1 hp ó 746 W
- condensador de capacidad de 430-516 uf y de 127 V
- interruptor centrífugo interno en el motor
- intensidad en amperios 14 y 7

Este motor esta diseñado para funcionar en dos voltajes tanto en 220 V como en 110 V, en la conexión de 220 V el bobinado de trabajo se conectará en serie y en el caso de 110 V el bobinado de trabajo se conectará en paralelo, de acuerdo a las características de la placa de datos que tiene en el motor, se hará las respectivas conexiones.

Dentro de las características técnicas del bobinado de éste motor, de la construcción misma, es un motor que tiene 32 ranuras, 24 ranuras son diseñadas para el bobinado de trabajo y las 8 ranuras restantes son diseñadas para el bobinado de arranque.

El bobinado de trabajo es en el que va ha estar constantemente conectado a la línea todo el tiempo y éste tipo de bobinado es un concéntrico que tiene 3 pasos, un paso de 1 – 8, 1 – 6, 1 – 4, con su respectivo número de espiras y su respectiva sección del alambre.

El bobinado de arranque dispone de los mismos pasos de bobina, sea 1 – 8, 1 – 6, 1 – 4, con su respectivo número de espiras y su respectiva sección del alambre, éste bobinado de arranque es utilizado en todos los motores monofásicos, debido a que el bobinado de trabajo conectado directamente a la línea no puede funcionar, porque tanto el flujo de corriente y la corriente están en fase, lo que se debe hacer es desfasar  $90^\circ$  entre el flujo y la corriente, el cual se logra realizando un bobinado de arranque desfasado  $90^\circ$  eléctricos respecto al bobinado de trabajo.

El bobinado de arranque tiene sus propias características, son, de acuerdo a los datos expresados arriba, que la sección de estos alambres y el número de espiras son menores que los del bobinado de trabajo, esto se da porque éste bobinado funciona solamente en el instante del arranque.

Además este motor dispone de un condensador que va en serie al bobinado de arranque, éste condensador lo que hace es ayudarlo a desfasar los  $90^\circ$  y darle un mayor par de arranque en el inicio de funcionamiento del motor, darle mayor fuerza.

El motor tiene una velocidad de 3520 r.p.m. equivalente a un motor de 4 polos, a una frecuencia de 60 Hz. Esta velocidad nos permitirá realizar diferentes operaciones de mezcla y trituración de algunos alimentos, para lo cual se realizaran pruebas y se delimitará capacidades, principalmente en peso y dependerá de la naturaleza de la materia prima.

También en el bobinado de arranque a más de tener el condensador que va conectado en serie a éste bobinado, va conectado también un interruptor centrífugo o llamado también

platinera, la cual sirve para que en el instante en el que el motor esta parado, la platinera esta normalmente cerrada, en el momento en que nosotros conectamos el motor tanto el bobinado de arranque como el bobinado de trabajo, los cuales van conectados en paralelo, inician su movimiento. Este interruptor centrífugo lo que hace es conectar solamente en el instante del arranque y una vez que el motor a alcanzado un 80% de la velocidad de giro, éste interruptor centrífugo se abre por fuerza centrífuga y permanece desconectado, dejando al bobinado de arranque apagado durante todo el tiempo que este funcionando el motor.

### **5.3 Construcción del soporte**

Nos basamos en modelos hechos en el exterior, revisando catálogos de máquinas importadas y ciertas direcciones de internet, acerca de empresas comercializadoras de maquinaria para alimentos, algunos modelos se pudieron encontrar en nuestro medio y sobretodo, la base de la consulta con las metalmecánicas de nuestro medio especializadas en manejo de acero inoxidable su fabricación y funcionamiento.

La base hicimos de las medidas acotadas en dibujos pensando sobre todo en la ergonomía, que permita facilitar el uso a todo tipo de personas, de toda talla y para su fácil vaciado y limpieza. Esta ergonomía nos brinda comodidad, seguridad, eficiencia, funcionalidad y oportunidad de utilizar la máquina en todo nivel de requerimientos.

Se utilizó tubo negro de mueble de diámetro 32 mm (1 1/4 pulgada) y espesor de 0.9 mm. El doblado lo realizamos en una dobladora hidráulica, se necesitó alrededor de dos toneladas de presión.

Primero cortamos el tubo con sierra manual, en la medida deseada y se le coloca en la dobladora hidráulica, el radio es de 165 mm y enseguida realizamos el segundo lateral y los vamos comparando para que queden con la misma apertura. Se deja una inclinación de  $77.6^\circ$  en cada lado de los laterales para conseguir una estabilización en todo momento, especialmente el instante del trabajo, donde estarán esfuerzos axiales (en el mismo eje) y esfuerzos coaxiales (contra el eje), diferentes fuerzas y vibraciones.

En uno de los laterales cortamos en la mitad de la parte superior un espacio de 38 mm, y en este espacio soldamos un buje de acero de diámetro de 38 mm por 46 mm de largo en el cual va un agujero ciego de 39.5 mm de profundidad por 25 mm de diámetro. En la parte superior de este buje va soldado un eje de diámetro de 27 mm que va con un agujero pasante de diámetro 24 mm. En este eje va montado una tapa superior sujeta con un prisionero, esta tapa no permite que salga el pestillo.

El pestillo es un eje de 12 mm por 151.5 mm de largo y en su extremo superior va roscado M12 por 22 mm de largo en el cual ingresa una pieza en forma de esfera en fundición de aluminio la cual ha sido torneada en forma de esfera para dar una mayor facilidad de agarre.

En su interior va una tapa inferior sujeta con un pasador y un muelle sometido a compresión, éste muelle hace que el pestillo siempre se mantenga hacia abajo para que calce en los agujeros de posicionamiento 1-2-3 del vaso. Los posicionamientos facilitan la carga, trabajo, vaciado y limpieza.

Se le suelda en la parte baja de los laterales, para darle mayor consistencia a la estructura, nervios en las patas, con tubos de las mismas características de los laterales, utilizamos soldadura eléctrica de corriente continua, adicionalmente soldamos otro nervio soporte y unión que nos darán el ancho de 418 mm de separación entre los dos laterales. Todas las soldaduras son realizadas con electrodos E6011, luego todos los sitios soldados son esmerilados con una esmeriladora de mano, con disco abrasivo.

El eje porta pestillo es un eje torneado de 25 mm de diámetro por 100 mm de longitud, y que en su extremo superior realizamos 3 agujeros de ubicación de diámetro 9 mm y en su extremo inferior va sujeto mediante 2 pernos cabeza Allen de 25 mm a la base del fluidificador.

#### **5.4 Construcción de la base del fluidificador**

Para la construcción de la base del fluidificador se forma la pieza en fundición de aluminio, la cual después de la fundición es retocada con la amoladora de mano para dar una mejor presentación de la pieza. Aquí van cuatro patas soportes las cuales tienen un agujero de 11 mm cada una, en donde entran los pernos M 10 que sujetan a la placa portamotor y en su parte superior va así mismo sujeto mediante pernos M 12 la base del vaso.

Esta pieza va sujeta al castillo en uno de los extremos por el eje portapestillo y en el otro extremo por un perno M 6 cromado. En esta pieza va el interruptor o switch de prendido y apagado, el cual comanda el paso de energía hacia el motor.

Para la placa portamotor, se procedió a cortar mediante oxiacorte una plancha de espesor 10 mm y el diámetro de 180 mm, lo cual va torneado hasta dejarle de diámetro 168 mm para darle un mejor acabado. En esta base se ha hecho un agujero en el centro de 48 mm y también se le hace cuatro agujeros equidistantes roscados M 10 para la sujeción con la base del fluidificador. Además se hacen cuatro agujeros pasantes equidistantes diámetro 7 mm para la sujeción del motor.

Al motor tuvimos que sacarle la tapa superior y cortar el excedente de la protección del eje del rotor.

También se tuvo que cambiar los templones de sujeción de las tapas del motor por unos nuevos de 20 mm más largos para poderle acoplar a la placa portamotor, diámetro 6 mm por 250 mm.

Desarmamos el motor, sacamos las tapas y el rotor con su eje, en la parte superior de éste eje procedemos a soldar un eje de acero inoxidable de diámetro 23 mm, esto se lo realiza con la soldadura eléctrica, con un electrodo especial para soldar acero inoxidable, una vez hecho esto se lo monta al torno con el rotor y procedemos a cilindrar el eje de acero inoxidable, hasta dejarlo de diámetro 19 mm que es igual al diámetro del eje del rotor, el cual es de acero st 36, conocido como acero dulce.

En la parte superior del eje de acero inoxidable se realiza un cilindrado de 12.5 mm de longitud por diámetro 8 mm para poder roscar M 8. En este eje va a sujetarse las hélices mediante una tuerca de bronce M 8.

Volvemos a armar el motor con las tapas y se lo sujeta a la placa portamotor.

Para la construcción de la base del vaso se le da la forma en fundición de aluminio y luego se le da las medidas exactas y forma en un torno mecánico, mediante el desbaste (sacado del material excedente) utilizando cuchillas de acero rápido. Se hacen cuatro agujeros equidistantes ciegos roscados de M 6 para la sujeción con la base del fluidificador.

En el centro de la base del vaso se realiza un agujero de diámetro 23 mm para que pase el eje del motor, en la parte exterior de la base del vaso se le realizan ranuras de 2 mm de profundidad para que en estas cavidades se ubique y distribuya la pintura sellante o silicón con lo cual garantizamos la impermeabilidad del vaso hacia el exterior de la base del fluidificador.

### **5.5 Construcción del vaso**

Recortamos una plancha de acero inoxidable cuyas características son:

Acero inoxidable laminar en plancha

**Tipo AISI 304**

Espesor de 1 mm

Plancha: Ancho-largo en pies 4 x 8

Peso aproximado 24.5 Kg/plancha

**Análisis típico:**

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
<0.08%	<1.00%	<2.00%	<0.045%	<0.03%	8.0-12.0%	18-20%

**Propiedades mecánicas a temperatura ambiente:**

Resistencia a la tracción (Rm)	84000 psi
Límite fluencia (Rp 0.2)	42000psi
Elongación en 2''	55 %

**Aplicación:**

Se usa en la industria de alimentos, química, lechería, de papel, en donde la resistencia a la corrosión es importante.

**Equivalencias:**

SAE	30304
WERKSTOFF	1.4301
BS	304 S 15

Se corta con plasma (como oxicorte, pero se usa aire) en un molde de papel previamente realizado y con las medidas siguientes:



Diámetro interior 206 mm

Diámetro exterior 280 mm

Radio interior 1075 mm en plancha abierta

Radio exterior 1532 mm en plancha abierta

Angulo  $32.68^\circ$

Se necesita un retazo de acero inoxidable de 870 mm por 500 mm.

Para una capacidad de 20 litros a ras del vaso, 12.5 litros a la altura máxima de las contrapalas.

Una vez hecho el corte, colocamos en la roladora para darle la forma cilíndrica, para obtener un cilindro uniforme se debe tener en cuenta que se debe partir del centro de gravedad de la plancha recortada, la cual debe estar en línea con el centro de gravedad del eje de presión de la roladora.

Dicho rolador es de tres rodillos, lo que facilita el doblado a su forma requerida, se va ajustando al eje principal de la roladora hasta obtener el cierre parcial del cilindro.

Una vez sacado de la roladora unimos los dos extremos de la plancha de forma manual y se le suelda con una soldadora TIG, con electrodos Gemini-A, la cual es especial para soldar acero inoxidable tipo 304 AISI, ésta soldadora trabaja con argón y a 25 amperios, y se suelda de punta a punta, exteriormente. Procedemos a pulir el vaso en la parte soldada con una amoladora.

Luego procedemos a dar la forma de la parte baja del vaso con la ayuda de la base del vaso construida previamente, esto se lo realiza en una prensa hidráulica ya que tiene que entrar con una presión alrededor de seis toneladas.

Posteriormente vamos a darle la forma a la parte superior del vaso, se lo realiza en la prensa, introduciéndole una preforma o molde que tiene el diámetro de 280 mm que es mayor que el diámetro de la boca del vaso, hasta lograr acoplar o calcar al diámetro de la tapa disponible, se lo realiza en la prensa hidráulica y se aplica una presión variable que se la va controlando manualmente para no deformar el vaso.

Luego de esto sujetamos en el torno con la base del vaso en el un extremo y el molde en su otro extremo, para poder sujetar en el mandril del torno, procedemos a darle un repujado de seguridad en la parte superior de la base del vaso, esto se realiza con una cuchilla de bronce, para evitar que exista corte o desgarre de viruta del vaso. También aprovechamos la sujeción en el torno para pulir el vaso, esto se lo realiza con lija de 250 de rugosidad de agua. Se logra un mejor acabado mientras más lento gire el torno, de forma suave y evitando el calentamiento del vaso, ya que se deformaría. Se debe tener cuidado con la parte soldada, en la cual se puede utilizar una lija de 100 de rugosidad y un acabado a mano.

Luego procedemos a cortar las paletas, que van ubicadas en el interior del vaso, que sirven para la formación de remolino, que permita fluidificar todo el producto inmerso.

Son de:

Acero inoxidable laminar

Tipo AISI 304

Espesor de 1mm

Cuyas medidas son 21 mm en la parte baja y 14 mm en la parte alta, y de longitud 294 mm, van soldadas por el interior con suelda TIG, con electrodos Gemini-A, con 3 puntos y de forma equidistante entre ellos. Luego procedemos a retocar en las partes soldadas con lima y lija, lo que permite dejar uniforme a las tres paletas, quedando bien presentado y servicial. La forma que tienen estas paletas es angular de  $135^\circ$  y en sus extremos va en forma de punta.

## **5.6 Construcción de las hélices**

Se procede a trazar en la plancha de acero inoxidable que es:

Acero inoxidable laminar

Tipo AISI 304

Espesor de 2 mm

Cortamos con la ayuda del plasma, se retoca en esmeril los tres pedazos cortados, para darle la forma final, y el filo de la cuchilla, el afilado va a un solo lado de las hélices y va en coordinación con el sentido de giro del motor, las hélices deben tener o quedar con una inclinación y dirección hacia abajo, para que el reflujó del material a triturar siempre tienda a ir hacia abajo o la parte inferior del vaso, de ésta forma evitaremos que se quede materia prima sin ser triturada.

Después trazamos y realizamos el agujero central de diámetro 10 mm, el cual sirve para sujetar las hélices en el eje del rotor, luego procedemos a doblar en una entenalla manual hasta obtener la forma específica de cada una de las hélices, dos de ellas tienen forma de U y la tercera tiene forma de media luna.

### **5.7 Ensamblaje de la máquina**

Una vez construido el castillo con todas sus partes anteriormente indicadas, procedemos a colocar la base del fluidificador, la cual está sujeta al castillo en un extremo por el eje de ubicación mediante dos pernos cabeza Allen M 8 y por el otro extremo con un perno tuerca y contratuerca para evitar que se afloje.

Después sujetamos la placa portamotor, la cual está sujeta por cuatro pernos cabeza Allen M 10 los cuales aprietan la placa hacia la base del aparato.

Sujetamos el motor hacia la placa portamotor, esto lo hacemos mediante los templeones de apriete de las tapas del motor.

Procedemos a colocar silicona en la parte exterior de la base del vaso del tal manera que se forme una película que haga la función de un retén y a la vez fije al vaso.

Colocamos y sujetamos la base del vaso hacia la base del fluidificador, la cual va sujeta mediante cuatro pernos M 6 cabeza hexagonal.

Procedemos a meter el vaso en la base del vaso ya sujeta a la base del fluidificador, ejerciendo presión, ya que esta parte debe quedar totalmente hermética.

Realizamos la conexión eléctrica del motor al switch de encendido, el cual tiene las siguientes características:

Switch de encendido-apagado marca Riovi:

15 amperios

110 V

realizamos la conexión con cable concéntrico # 12 x 2

Bridas apropiadas de sujeción para el cable

La tapa es de aluminio, la cual se encuentra de venta en el mercado local, es de marca Indalum y la forma del vaso y sus dimensiones son realizadas en base a la tapa existente en el mercado, ya que según los metalmecánicos, la construcción de la tapa requiere un molde muy especial y un trabajo demasiado complejo, por lo que se recurre a lo que existe en el mercado y así ahorrar recursos, dinero y tiempo.

Una vez terminado el montaje se procede a pintar el castillo con una pintura acrílica.

Se procede a chequear cada parte ensamblada y se ultiman detalles que permitirán poner a funcionar la máquina. Como prueba luego de su armado, se chequean las conexiones eléctricas y se conecta a la línea de 110 V para su funcionamiento, siempre existe temor de que algo suceda, pero el fluidificador funcionó correctamente.

Muchas son las pruebas que se realizan antes de sacar la máquina de la fábrica, por ejemplo se coloca agua en el vaso y se lo mantiene tanto funcionando como sin funcionar por un largo período para ver si no esta filtrando líquido por la base del vaso hacia el motor, si el encendido es inmediato, si no rozan las hélices, si el vaso gira libremente junto con el motor para su vaciado y las seguridades de bloqueo de posición soportan el peso sin complicaciones, procedemos a llenar el vaso y vemos si la base del fluidificador soporta todo el peso sin deformaciones,

Las dimensiones finales están expresadas en los dibujos, para efectos de cálculo expondremos algunas dimensiones y realizaremos un cálculo ejemplar del volumen del vaso:

$$D = 280 \text{ mm}$$

$$d = 206 \text{ mm}$$

$$h = 450 \text{ mm}$$

$$V = \Pi/12 \times (D^2 + D.d + d^2) \times h$$

$$V = 21.03 \text{ litros}$$

## 5.8 Costos

Todos los materiales empleados en la construcción de la máquina son de buena calidad, las operaciones realizadas y la maquinaria empleada e incluso los obreros son calificados para la obra, no podemos expresar un costo desglosado por cada pieza o tornillo que se ha utilizado, puesto que en el lugar donde se fabricó se utiliza materia prima que compran en grandes volúmenes, lo que abarata costos, pero no se ha desglosado cada ítem, ya que no se tenían facturas individuales y a la vez Talleres Sumbita es un cliente de varias

distribuidoras locales que le dan un precio muy especial por las compras frecuentes y en altos volúmenes, llegándose a un acuerdo con Talleres Sumbita de poner un precio global del fluidificador, para así poder incluso obtener un producto terminado de buena calidad y a un precio adecuado. El precio acordado es de US\$450.00, pagado en efectivo y al final de toda la obra, bajo la entera satisfacción nuestra, funcionando y cumpliendo los requisitos planteados en el diseño que se tuvo al inicio.

## **5.9 Tiempo**

El tiempo que se demoraron en construir el fluidificador es de 3 meses trabajándose 3 horas diarias y realizando ciertos ajustes y acoples de acuerdo a la maquinaria disponible, moldes, tiempo y disponibilidad de materia prima.

Algunos operarios se ocuparon y estuvieron bajo control del dueño quién conoce mucho de éste estilo de máquinas, hubo algunos responsables que luego nos explicaban cada paso ya de la construcción misma.

## **5.10 Pruebas de funcionamiento del fluidificador semindustrial**

### **5.10.1 Pruebas con agua**

Se introducen 12.5 litros de agua, es decir hasta la altura máxima de las contrapalas. Se inicia la sesión y el motor opera normalmente, se genera un remolino sin flujos turbulentos o vórtices, lo que permite observar un movimiento del líquido similar al proceso de mezclado. Se deja por algunos minutos y no existe calentamiento del motor.

Se realiza la misma prueba con 14 litros de agua, el motor opera normalmente, y no produce vórtices, permitiéndose un movimiento del líquido que es óptimo.

Aumentamos a 18 litros de agua en el vaso y procedemos a su funcionamiento, podemos observar nuevamente un buen funcionamiento, tanto del motor como del movimiento generado al interior del vaso del fluidificador. No se procede a poner en funcionamiento con la capacidad máxima de volumen del vaso porque no tiene sentido ya que a los 18 litros, debido al diámetro de la parte superior del vaso está casi al borde del mismo, y querer operar a 20 litros derramaría el líquido o la sustancia presente, y esto no se va a dar en la práctica diaria, ni aún a 18 litros como veremos más adelante.

### **5.10.2 Pruebas con sólidos**

#### **Prueba 1**

Colocamos: 1 libra de cebolla grande colorada en mitades

1 libra de tomate riñón grande en mitades

Sin agua

Prendemos la máquina y el motor funciona muy bien, dejamos que gire por unos 30 segundos y observamos que se ha triturado buena parte del producto, pero no todo, nuevamente prendemos el fluidificador y dejamos 1 minuto en funcionamiento, y el resultado no ha variado mucho, es decir existe producto que se mantiene sin triturar.



Extraemos el producto del vaso y lavamos bien el vaso, este paso realizamos para cada prueba que detallaremos a continuación y muchas otras que por ser en resultados y metodología muy similares, no las describiremos una por una, sino las más importantes, las que nos permitieron alcanzar conclusiones.

## **Prueba 2**

Colocamos: 1 libra de cebolla grande colorada en mitades

1 libra de tomate riñón grande en mitades

1 litro de agua

Prendemos el fluidificador por 30 segundos y observamos que se trituró y se mezcló muy bien todo el producto pero parece ser muy aguado, para el tipo de prueba que queremos realizar, es decir nos interesa saber cuando tritura y mezcla completamente con la mínima cantidad de agua o líquido adicionado.

## **Prueba 3**

Colocamos: 1 libra de cebolla grande colorada en mitades

1 libra de tomate riñón grande en mitades

100 cm<sup>3</sup> de agua

Iniciamos el arranque y dejamos funcionar por 30 segundos, observando que se tritura y mezcla pero no todo el producto, hay sólidos no triturados y por ende sin mezclarse, reiniciamos el funcionamiento por 1 minuto más y el resultado varió muy poco, por lo que

se puso en marcha nuevamente el motor dejando funcionar por 2 minutos más y se observó que no hubo realmente cambio en el producto final, por lo que vaciamos y lavamos el vaso.

#### **Prueba 4**

Colocamos: 1 libra de cebolla grande colorada en mitades

1 libra de tomate riñón grande en mitades

200 cm<sup>3</sup> de agua

Damos el arranque y por 30 segundos dejamos funcionar, los resultados mejoran con respecto a la prueba anterior, pero todavía queda producto sólido por triturar y mezclar, reiniciamos por 2 minutos más y la variación es mínima.

#### **Prueba 5**

Colocamos: 1 libra de cebolla grande colorada en mitades

1 libra de tomate riñón grande en mitades

300 cm<sup>3</sup> de agua

Prendemos por 30 segundos y vemos que mejoró aún más que la anterior prueba pero no trituró y mezcló todo, prendemos por 2 minutos más el fluidificador y los resultados no varían nada.

### **Prueba 6**

Colocamos: 1 libra de cebolla grande colorada en mitades

1 libra de tomate riñón grande en mitades

400 cm<sup>3</sup> de agua

Prendemos por 30 segundos y observamos que la trituración fue excelente, obteniéndose el producto deseado, se trituró y mezcló todo el sólido presente en el vaso. A partir de ésta prueba se realizaron varias pruebas más, respetándose las cantidades mencionadas y concluimos que la cantidad óptima de agua para una buena trituración y mezcla es de 400 cm<sup>3</sup> de agua y un tiempo de funcionamiento del fluidificador que varía de 30 a 60 segundos.

### **Prueba 7**

Colocamos: 2 libras de cebolla grande colorada en mitades

2 libras de tomate riñón grande en mitades

300 cm<sup>3</sup> de agua

Hacemos funcionar el fluidificador durante 30 segundos y no se obtuvo una trituración y mezcla completa, reiniciamos por 2 minutos más pero el resultado no varió. Se inició con menos cantidad de 400 cm<sup>3</sup> porque la materia prima tiene en su composición química agua, y se pensó que a medida que se trituraba se aumentaría el nivel de agua para alcanzar el resultado óptimo para la mezcla y trituración completa, pero no fue así.

**Prueba 8**

Colocamos: 2 libras de cebolla grande colorada en mitades

2 libras de tomate riñón grande en mitades

400 cm<sup>3</sup> de agua

Prendemos la máquina por 30 segundos y el resultado es aceptable, se observa una trituración y mezcla casi completa, quedando uno que otro pedazo sin triturar y mezclar, por lo que dejamos funcionar por 30 segundos más y la trituración y mezcla es completa. De estas pruebas realizamos algunas con las mismas cantidades y variamos los tiempos en aumento, para ver la variación del producto final y en realidad es mínima la variación del triturado que se pudo observar. Concluyendo que el tiempo óptimo para este peso es de 60 segundos.

**Prueba 9**

Colocamos: 4 libras de cebolla grande colorada en mitades

4 libras de tomate riñón grande en mitades

400 cm<sup>3</sup> de agua

Iniciamos el arranque y dejamos funcionar durante 30 segundos, el resultado es bueno, pero se ve siempre la necesidad de que el tiempo de funcionamiento sea de 60 segundos para que se triture y mezcle completamente.

**Prueba 10**

Colocamos: 2 libras de cebolla grande colorada en mitades  
4 libras de tomate riñón grande en mitades  
2 libras de zanahoria grande en mitades  
400 cm<sup>3</sup> de agua

Prendemos el fluidificador pero no hay suficiente agua para el arranque, ya que existe demasiada masa sobre las hélices y éstas no pueden girar para realizar su proceso de trituración y mezclado. Aumentamos 100 cm<sup>3</sup> de agua, es decir en total 500 cm<sup>3</sup> de agua y volvemos a dar arranque y la máquina funciona muy bien. Durante 60 segundos dejamos funcionar y la trituración y mezclado es óptima. Notándose que el tiempo de mezclado siempre dependerá de la necesidad que se tenga del producto a obtenerse, ya que si dejamos más tiempo las partículas seguirán disminuyendo de tamaño, aunque no sea la diferencia muy significativa con respecto a las obtenidas durante los 60 segundos iniciales.

**Prueba 11**

Colocamos: 3.5 libras de cebolla grande colorada en mitades  
4 libras de tomate riñón grande en mitades  
1.5 libras de zanahoria grande en mitades  
1.5 libras de pimienta grande en mitades  
250 gramos de perejil sin picar  
500 cm<sup>3</sup> de agua

Iniciamos el funcionamiento del fluidificador y durante 60 segundos se deja prendido para luego ver el resultado, y tanto la trituración como la mezcla del producto introducido es excelente, pudiéndose comprobar y ver a satisfacción que realmente tritura y mezcla en buena forma.

Como conclusión de estas 11 pruebas descritas y muchas otras más que se realizaron con el fluidificador y varios productos sólidos, podemos decir que está apto para triturar y mezclar diversos productos a la vez y de diferentes texturas, tamaños, densidades, etc. Además siempre se debe añadir una pequeña cantidad de agua al inicio de la operación para facilitar el arranque del funcionamiento del fluidificador que dependerá de la cantidad de masa y dureza del producto añadida en el vaso.

### **5.10.3 Pruebas con espesante**

Realizamos las pruebas con espesante para observar su capacidad de mezcla con líquidos muy viscosos, para ello utilizamos CMC (Carboxi Metil Celulosa), llamado también sal sódica, sodio carmelosa.

Origen.- Se fabrica tratando químicamente la celulosa en un medio alcalino.

Función.- Agente espesante; modificante de textura; estabilizante; controla la migración de la humedad; agente gelificante; agente abultante no nutritivo; opacificador, etc.

Efectos adversos.- Esta sustancia puede causar obstrucción intestinal, pero generalmente es segura.

Productos típicos.- Mezclas para hacer pasteles de queso. Rellenos para panadería y pastelería, frutas, pasteles de limón. Salsas y pastas para untar, ensalada de patata en lata, crema para sopas en lata, batidos congelados para guarnición, nata batida esterilizada, helados, batidos de leche, cremas batidas congeladas, salsa de tomate, aderezos para ensaladas, patatas troceadas y congeladas, palitos de pescado congelados, zumo de naranja con pocas calorías, queso tratado, requesón.

### **Prueba 1**

Colocamos: 2 kg de pulpa de tomate riñón a 85° C de temperatura

20 gr de CMC (1 % máximo permitido)

400 gr de azúcar (para evitar la formación de grumos)

Primero ponemos a funcionar la máquina con la pulpa para realizar la trituración durante 45 segundos, luego de ello añadimos el espesante CMC mezclado con el azúcar en el fluidificador, durante 3 minutos para que se mezcle completamente con la pulpa y podemos observar que se va espesando cada vez más el producto, vaciamos y observamos que existe bastante producto muy viscoso que cae lentamente del vaso del fluidificador, durante un tiempo de 90 a 180 segundos. La prueba nos demuestra que aún productos bastante viscosos puede mezclar con buenos resultados.

## 5.12 Características principales del fluidificador

### VASO HIGIENICO Y RESISTENTE

Está construido en acero inoxidable de alta calidad, el cual garantiza no contaminar el producto con olores o sabores desagradables, a la vez de ser muy resistente y fácil de limpiar.

### POTENCIA

Debido a su motor de 1 HP (3520 RPM) el fluidificador es capaz de licuar hasta los productos que tradicionalmente se consideran difíciles de procesar. 110 V/ 60 Hz

### EFICIENCIA

Gracias al estudiado diseño de sus cuchillas, fácilmente se trituran y mezclan los productos sólidos, haciendo más rápido y eficiente el trabajo. Las cuchillas están hechas de acero inoxidable, son higiénicas y de mínimo mantenimiento.

### PRACTICO SISTEMA DE VACIADO

Con este sistema, usted no tendrá que desmontar el vaso para vaciar el producto, con solo levantar la perilla se libera el seguro y el vaso puede girar para descargar el producto.

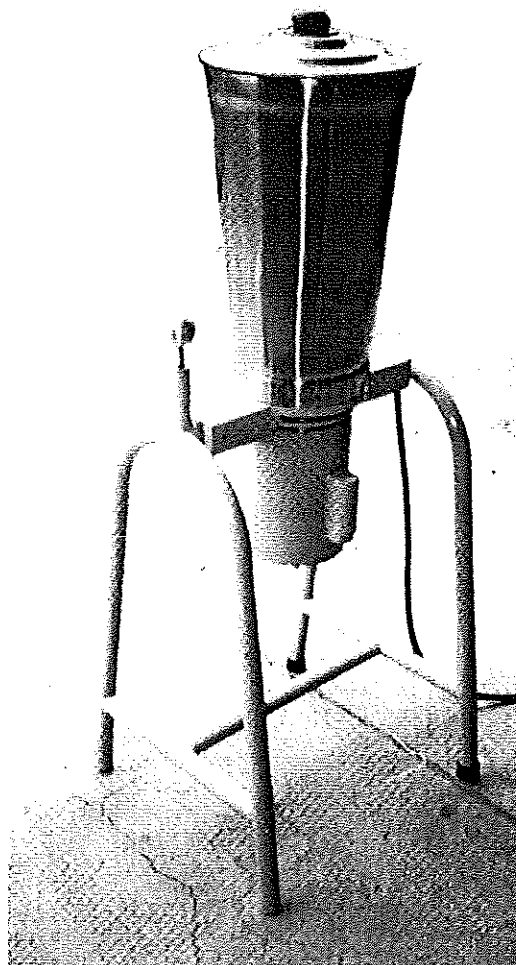


## RESISTENTE A LA CORROSIÓN

El vaso está construido en acero inoxidable, y el soporte tubular tiene un acabado de pintura acrílica resistente a la corrosión.

## DISEÑO DE FACIL LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

Gracias a su diseño de partes desmontables y lavables a chorro de agua, se reduce el tiempo empleado en limpiar y/o dar mantenimiento.



### 5.11 Normas de seguridad y precauciones

- \* La máquina debe emplazarse en un sitio que brinde comodidad y sobretodo espacio para moverse alrededor y pueda girar el vaso libremente.
- \* El cable de conexión no debe estar colgando del aire por un tramo largo, sino más bien debe ir si es posible, a ras de piso, evitándose que se pueda romper o causar un accidente.
- \* Una vez colocada la materia a triturarse y/o mezclarse en el vaso, se debe colocar la tapa del vaso antes de poner en funcionamiento el fluidificador, ya que pueden salir pedazos de materia despedidos por el aire sobretodo al arranque, y líquido que se este mezclando.
- \* Cuando hagamos girar el vaso del fluidificador debemos presionar el pestillo hasta que calze en uno de lo agujeros para que se asegure su posición y evitemos movimiento bruscos que, sobretodo cuando está lleno puede producirse.
- \* Tener en cuenta que cuando se alza el pestillo el vaso queda libre para su giro en cualquiera de los sentidos.
- \* La tapa debe ser sujetada por el operador cuando el fluidificador está en funcionamiento, ya que debido a las fuerzas centrífugas generadas podría salir disparada causando un posible accidente y/o deterioro de la misma.

- \* Una vez concluido el trabajo con el fluidificador, se debe apagar el motor para proceder a su limpieza.
  
- \* Usar agua a presión y detergentes en caso de ser necesario para su completa limpieza y mantenimiento, ya que dejar ciertas sustancias presentes por largos períodos en el fluidificador podría desarrollar crecimientos de microorganismos.

## CONCLUSIONES

El diseño y fabricación de maquinaria para alimentos siempre requerirá de un trabajo en equipo entre la persona que necesita la máquina, el diseñador y el constructor, de tal manera que se pueda lograr consensos importantes en el producto final.

Los dibujos expuestos al final de la tesis detallan con minuciosidad tanto las medidas, el tipo de superficie, los materiales utilizados, dimensiones, y formas de cada particular del fluidificador.

- La máquina funciona muy bien y puede ser usada para triturar sólidos y mezclar productos con una alta eficiencia en el producto final.
- En el caso de triturar sólidos, el mejor resultado dependerá como se vio en el primer capítulo de la materia prima que se va a triturar y el tiempo que se deja en funcionamiento.
- En el caso de líquidos siempre estará sujeto a la viscosidad del producto y a los aditivos empleados (espesante, emulsionante) y también al tiempo empleado.
- Se recomienda un lavado y un escurrido óptimo con detergentes autorizados (capítulo 1) después de cada utilización del fluidificador.

- Debe ser ubicado en un lugar que esté fuera de riesgos de golpes, el piso sea plano y tenga buena ventilación para evitar que el motor se caliente, ya que uno de los sistemas de enfriamiento es justamente la ventilación que se tenga, de esta forma puede lograrse que el motor se mantenga en perfectas condiciones.
  
- El manejo debe ser realizado por personas que tengan en cuenta las precauciones, normas de seguridad, sea cuidadosa en el trato y en el uso que se le dé, debe conocer las bondades de la máquina.
  
- La máquina tiene ciertas limitaciones que es principalmente el tipo de producto a ser triturado, por ejemplo, no triturar elementos demasiado duros como pepas de durazno, carapacho de coco, pepas de aguacate, etc.

## **RECOMENDACIONES**

- \* No tratar de hacer funcionar con demasiada masa sobre las hélices, ya que no arrancará el motor y podría llegar a fundirse dicho motor, el peso recomendado en pruebas realizadas llega dependiendo de lo abultado del producto hasta un máximo de 12 libras, puede funcionar con más peso pero habrá que añadir un poco más de agua para que pueda arrancar el motor.
  
- \* El volumen máximo recomendado dependiendo de la viscosidad es de 16 litros para productos poco viscosos, 12 litros para productos de viscosidad media y 6 litros para productos muy viscosos.

- \* Se debe añadir un poco de agua siempre que se vaya a triturar sólidos, la cantidad dependerá del peso y abultado de la materia prima, para esto pueden referirse a las pruebas realizadas para obtener una relación con respecto a la cantidad de agua que se debe adicionar en cada operación, que permita iniciar el funcionamiento sin sobrecargar al motor.
  
- \* Se debe limpiar del vaso, sobretodo cuando se hayan utilizado productos que liberen ciertas materias que podrían dañar las hélices, tales como piedras que podrían venir entre la materia prima que sale de bodega, metales o sustancias abrasivas que por error pudiesen caer dentro del vaso.
  
- \* Para evitar posibles accidentes se debe colocar la tapa antes de iniciar el funcionamiento del motor, ya que al triturar materias sólidas podría salir al exterior ciertos pedazos, que por el movimiento y sobretodo al arranque se pueden suscitar, ocasionando alguna emergencia en el operador

**BIBLIOGRAFIA**

Augé R., "Metales 1: Propiedades generales de los metales", 1º Edición, Parainfo, Madrid-España

Earle R.L., "Ingeniería de los Alimentos", 1º Edición, Acribia, Zaragoza-España, 1979

Smith William F. "Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales", 3º Edición, McGraw Hill, Madrid-España, 1998

Brennan J.G., Butters J.R. "Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos", 2º Edición, Acribia, Zaragoza-España, 1980

Avner Sidney H., "Introducción a la Metalurgia Física", 2º Edición, Mc Graw Hill, México, 1985

Baquero J., Llorente V., "Equipos para la Industria Química y Alimentaria", 1º Edición, Alhambra, Madrid- España, 1985

Pacheco Mario, "Tesis: Motor Trifásico y Monofásico", Instituto Técnico Superior, Salesiano, Cuenca-Ecuador, 1989

Sears, Zemansky, Young, "Física Universitaria", 6º Edición, Addison-Wesley, Iberoamericana S.A., 1988

Ivan Bohman C.A., “Catálogo de Aceros Especiales”, Ecuador, 2000

Nassau Research Corp., “Manual de Productos”, Colimpo Cía Ltda. Ecuador

Jutz Herman, Scharkus Eduard, Lobert Rolf, “Tablas Para la Industria Metalúrgica”,  
3° Edición, Reverté, S.A. Barcelona-España 1984



## INDICE

	Pag
<b>Introducción</b>	1
<b>Capítulo 1: Operaciones de Transformación</b>	
1.1 Reducción de tamaños	4
1.2 Dureza y abrasividad de los productos de partida	5
1.3 Trituración y corte	6
1.4 Energía utilizada en la trituración	7
1.5 Conservación de las aristas de corte	7
1.6 Superficie nueva formada durante la trituración	8
1.7 Carencia de defectos	8
1.8 Mezcla	9
1.8.1 Definición de mezcla	9
1.8.2 Aparatos de mezcla	10
1.8.3 Mezcladores de líquidos	12
1.8.4 Mezclador para líquidos de viscosidad pequeña o moderada	12
1.8.5 Agitadores de hélice	14
1.8.6 Mezcladoras para pastas de gran viscosidad y sólidos plásticos	15
1.8.7 Mezcladoras para productos sólidos secos	16
1.9 Aplicaciones de los aparatos de mezcla en la industria de los alimentos	16
1.10 Diseño del equipo	17
1.10.1 Naturaleza y materiales de construcción de las superficies de contacto	18
1.10.2 Instalación de los aparatos	21

1.10.3 Limpieza y esterilización de la fábrica	21
1.11 Terminología y métodos de higienización	23
1.11.1 Detergentes	24

## **Capítulo 2: Motor de Inducción**

2.1 Máquinas eléctricas rotativas	26
2.1.1 Definición	26
2.1.2 Motores	26
2.2 Partes constitutivas del motor monofásico	26
2.3 Funcionamiento del motor monofásico	27
2.4 Motores de condensador	28
2.5 Posibles fallas del motor	28
2.5.1 El motor se calienta excesivamente	28
2.5.2 Interrupción del bobinado de régimen (Trabajo)	28
2.5.3 Interrupción de la bobina de arranque	29
2.5.4 Contactos a masa de los bobinados	29
2.5.5 Condensador defectuoso	29
2.5.6 El motor no arranca	30
2.5.7 El motor marcha con velocidad inferior a lo normal	30
2.5.8 El motor marcha pero se calienta demasiado	30
2.5.9 El motor marcha con mucho ruido	31
2.6 Inicio por capacidad	31
2.7 El interruptor centrífugo	31

## Capítulo 3: Materiales y Operaciones Técnicas

3.1	Propiedades generales de los metales	33
3.2	Propiedades físicas de los metales	33
3.2.1	La densidad	33
3.2.2	La fusibilidad	34
3.2.3	La maleabilidad	34
3.2.4	La ductibilidad	35
3.2.5	La conductibilidad térmica	36
3.2.6	La conductibilidad eléctrica	36
3.2.7	La dilatabilidad	37
3.3	Características mecánicas de los metales	37
3.4	Diferentes esfuerzos a los que pueden ser sometidos los metales	37
3.4.1	La tracción	38
3.4.2	La compresión y el pandeo	38
3.4.3	El cizallamiento	39
3.4.4	La flexión	40
3.4.5	La torsión	40
3.4.6	La tenacidad	41
3.4.7	La elasticidad	41
3.4.7.1	Carga elástica límite	42
3.4.7.2	Módulo de elasticidad	42
3.4.7.3	Alargamiento a la ruptura	43
3.5	Propiedades mecánicas de los metales	43
3.5.1	La dureza	43
3.5.2	La fragilidad	44

3.5.2.1 La resiliencia	44
3.5.3 La fatiga	45
3.5.3.1 La resistencia a la fatiga	45
3.5.3.2 La elasticidad	45
3.6 Resistencia de los metales a la destrucción	46
3.6.1 El desgaste	46
3.6.2 La corrosión	47
3.6.2.1 Acción del agua y del aire	47
3.6.2.2 Acción de los ácidos	47
3.6.3 Mejora de las cualidades de un metal	48
3.7 Los estados de superficie	50
3.7.1 De que depende el estado de superficie	51
3.7.2 Diferentes estados de las superficies	51
3.7.3 Obtención de los estados de superficie	52
3.7.3.1 Trabajo con máquinas útiles corrientes	52
3.7.3.2 El limado	53
3.7.3.3 El raspado	53
3.7.3.4 La rectificación con muela	53
3.7.3.5 El pulido	54
3.7.3.6 El esmerilado	54
3.7.3.7 El bruñido	54
3.8 Los elementos de ensamblado	54
3.8.1 Ensamblados Fijos	55
3.8.1.1 Los remaches	55
3.8.2 Ensamblados desmontables	56
3.8.2.1 Los tornillos	56

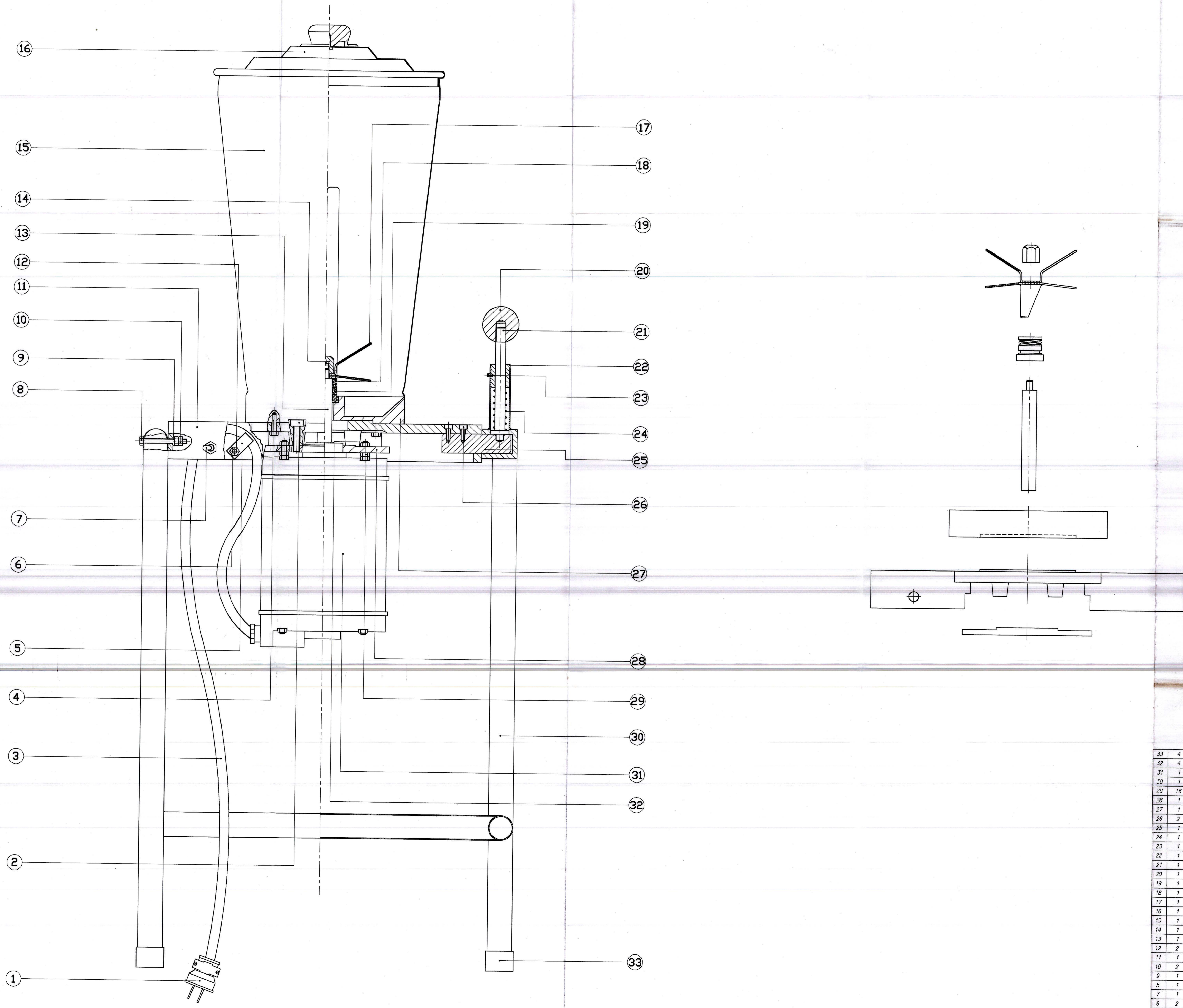
3.8.2.2	Los tornillos de presión	57
3.8.2.3	Las tuercas	58
3.8.2.4	Los pernos	59
3.8.2.5	Los esparragos roscados	60
3.8.2.6	Las arandelas	61
3.8.2.7	Los pasadores	62
3.8.2.8	Los frenos de tuerca	62

#### **Capítulo 4: Acero y Aluminio: Aleaciones de Ingeniería**

4.1	Propósito de la aleación	64
4.2	Aceros inoxidable	65
4.2.1	Aceros inoxidable Ferríticos	67
4.2.2	Aceros Inoxidables Martensíticos	67
4.2.3	Aceros inoxidable Austeníticos	68
4.2.4	Aceros inoxidable endurecibles por precipitación	71
4.3	Tabla de aleaciones de acero inoxidable	72
4.4	Aluminio	73
4.4.1	Propiedades del aluminio de ingeniería	73
4.4.2	Clasificación de las aleaciones de aluminio forjado	74
4.4.3	Designaciones del grado de endurecimiento	74
4.4.4	Aleaciones de aluminio forjado no tratables térmicamente	76
4.4.5	Aleaciones de aluminio forjado tratables térmicamente	77
4.4.6	Aleaciones de aluminio para fundición	77
4.4.7	Composición de aleaciones de aluminio para fundición	78

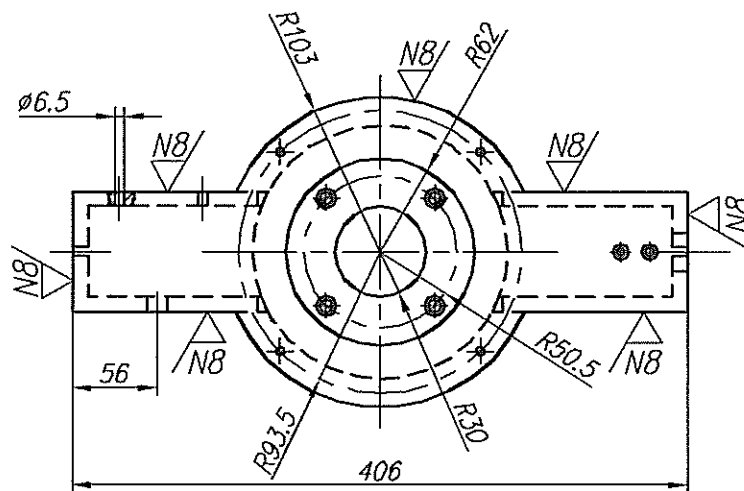
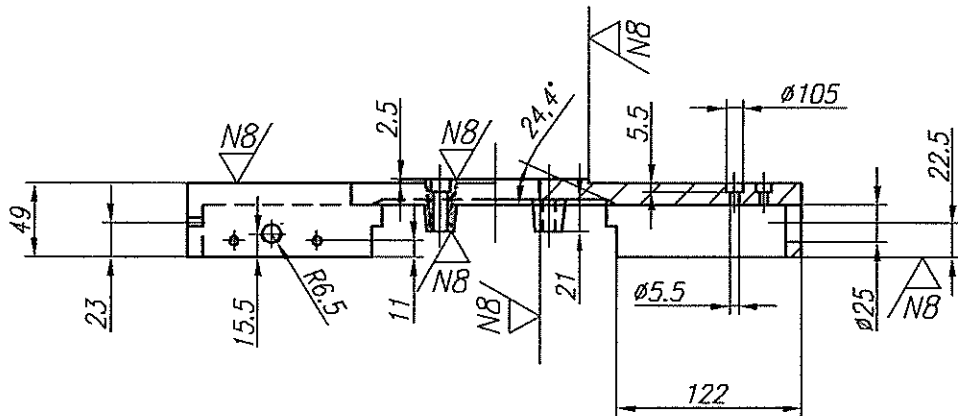
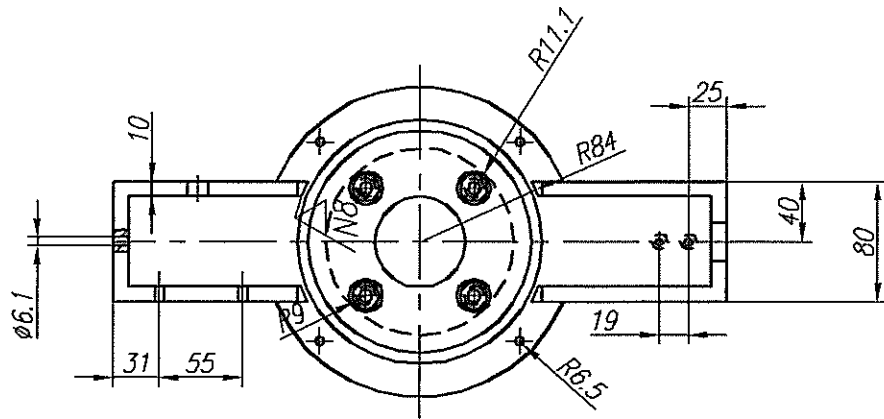
## **Capítulo 5: Construcción y Ensamblaje**

5.1 Antecedentes del trabajo	82
5.2 Características del motor escogido	85
5.3 Construcción del soporte	88
5.4 Construcción de la base del fluidificador	90
5.5 Construcción del vaso	92
5.6 Construcción de las hélices	96
5.7 Ensamblaje de la máquina	97
5.8 Costos	99
5.9 Tiempo	100
5.10 Pruebas de funcionamiento del fluidificador semindustrial	100
5.10.1 Pruebas con agua	100
5.10.2 Pruebas con sólidos	101
5.10.3 Pruebas con espesante	107
5.11 Características principales del fluidificador	109
5.12 Normas de seguridad y precauciones	111
<b>Conclusiones</b>	113
<b>Recomendaciones</b>	114
<b>Bibliografía</b>	116
<b>Dibujos</b>	



33	4	Protector de pala de 1 1/4"		Caucho	
32	4	Espanajo		SI 37	
31	1	Motor Monofásico de 1 HP			
30	1	Subconjunto Estructura			
29	16	Tuerca Hexagonal M6	DIN934-B		
28	1	Placa porta Motor		SI 37	
27	1	Porta Vaso		Fundición de Aluminio	
26	2	Tornillo Cilíndrico M6x15	DIN9128-B		
25	1	Eje porta Pistillo		SI 37	
24	1	Muelle 2		Acero para muelles	
23	1	Tornillo Prisionero M4x8	DIN553		
22	1	Bujá		SI 37	
21	1	Pistillo		SI 37	
20	1	Esfera		SI 37	
19	1	Sello de bomba de agua de 3/4"			
18	1	Muelle 1		Acero para muelles	
17	1	Subconjunto Hélice		Acero inoxidable	
16	1	Tapa ( Diámetro 278mm )		Aluminio	
15	1	Subconjunto Vaso		Acero inoxidable	
14	1	Tuerca		Bronce	
13	1	Huelle Principal		SI 37	
12	2	Tornillo Hexagonal M6x20	DIN9318-B		
11	1	Base		Fundición de Aluminio	
10	2	Tuerca Hexagonal M6	DIN934-B		
9	1	Arandela 6,4	DIN125-F		
8	1	Tornillo Hexagonal M6x60	DIN9318-B		
7	1	Interruptor de Encendido			
6	2	Tuerca Hexagonal M6	DIN934-B		
5	2	Abrastador de 1/2"			
4	4	Tornillo Hexagonal M6 x 25	DIN9318-B		
3	1	Cable Eléctrico ( 2 m )			
2	4	Tornillo Cilíndrico M6x30	DIN9128-B		
1	1	Enchufe			

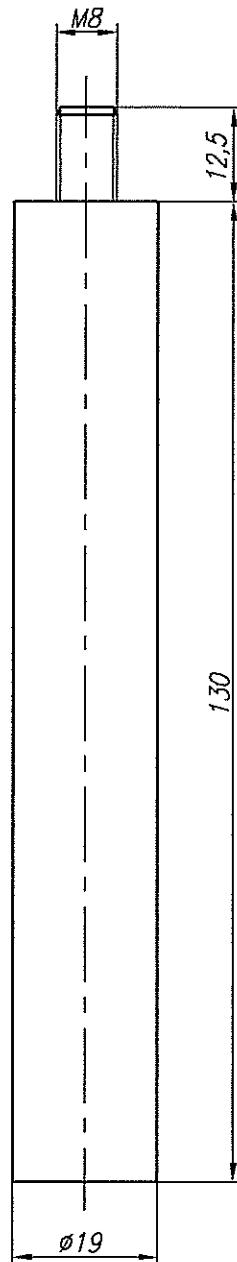
Pos.	Car.	Denominación	Normas	Materia	Notas
		Fecha	Nombre	U . D . A .	
Dibujado		24-03-02	Telg. Marcelo Coto	Facultad de C.C.T.T.	
Aprobado		22-04-02	Ing. Néstor Barrial	Esc. Ing. de Alimentos	
Escala		1:2			Línea: 001
Archivo:		Fluidificador Semindustrial			



N10/ (N8/)

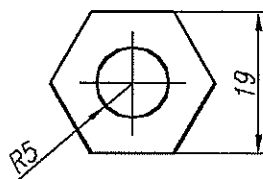
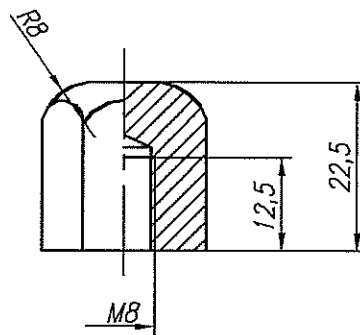
11	1	Base		Fund. de Aluminio	
Pas.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos	
		Dibujado	Tnlg. Marcelo Calle		
		Aprobado	Ing. Néstor Bernal		
Escala 1:5		Fluidificador Semindustrial			Lámina: 002
Archivo:					





NB/

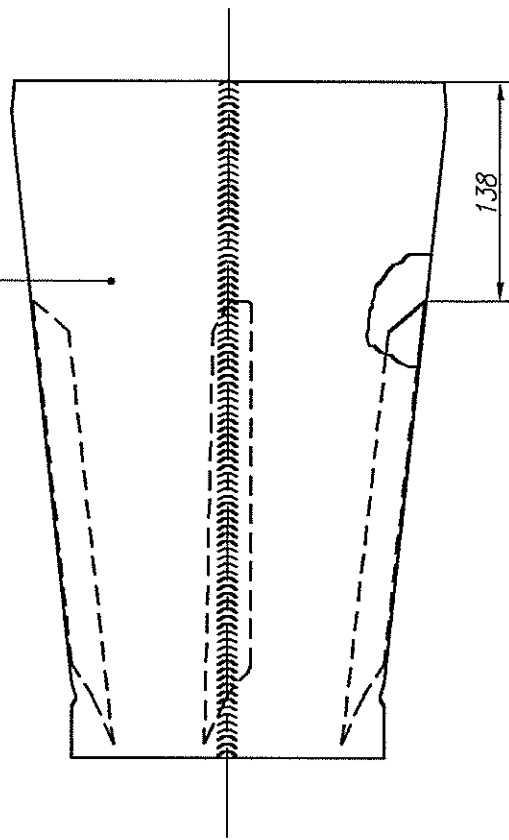
13	1	Husillo Principal		St 37		
Pas.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas	
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		Dibujado	24-03-02			Tnlg. Marcelo Calle
		Aprobado	22-04-02			Ing. Néstor Bernal
Escala 1:1	Fluidificador Semindustrial				Lámina: 003	
Archivo:						



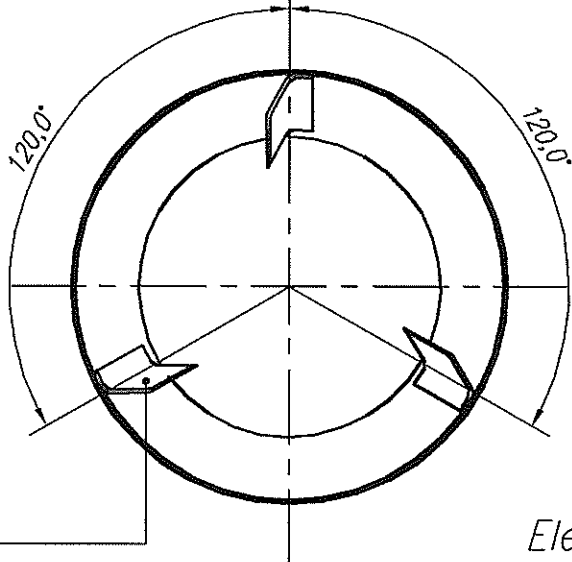
NB/

14	1	Tuerca		Bronce	
Pas.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos	
		<i>Dibujado</i>	<i>Trng. Marcelo Galle</i>		
		<i>Aprobado</i>	<i>Ing. Néstor Bernal</i>		
		<i>Escala 1:1</i>	<i>Fluidificador Semindustrial</i>		
		<i>Archivo:</i>			

15.1

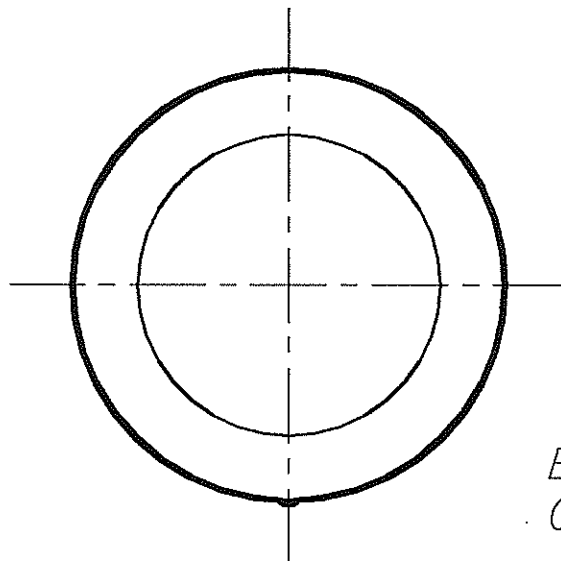
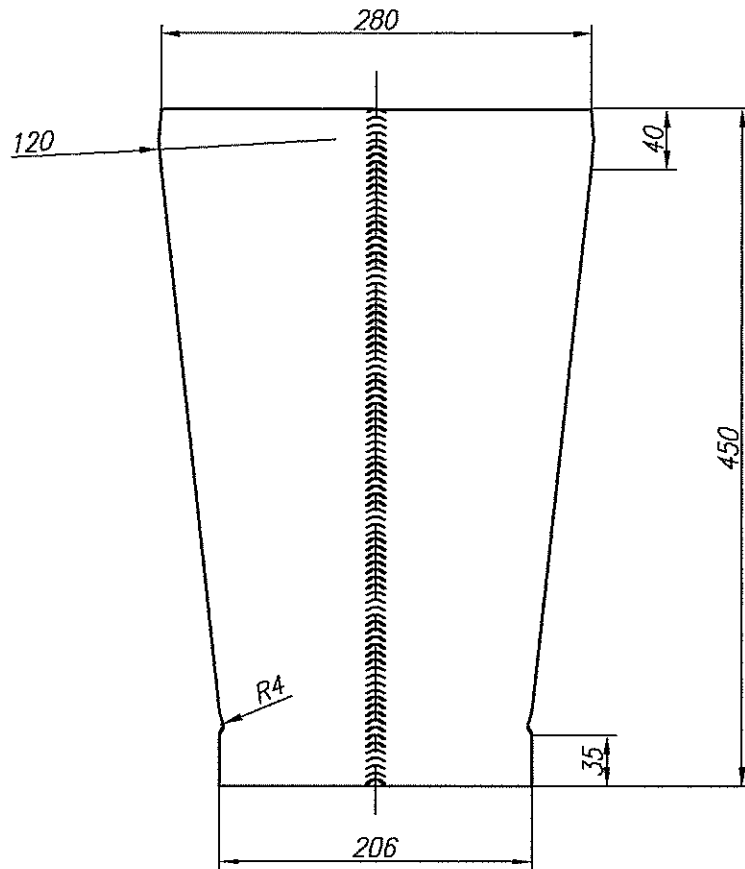


15.2



Electrodo Gemini-A  
Calidad II

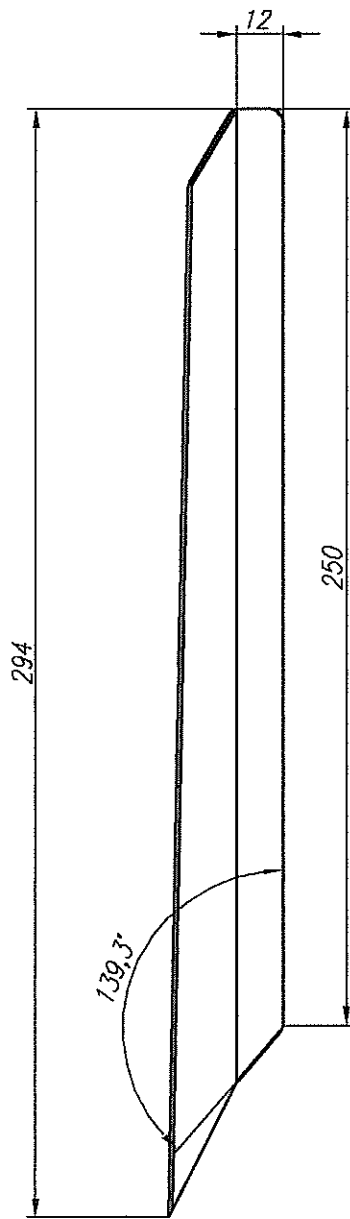
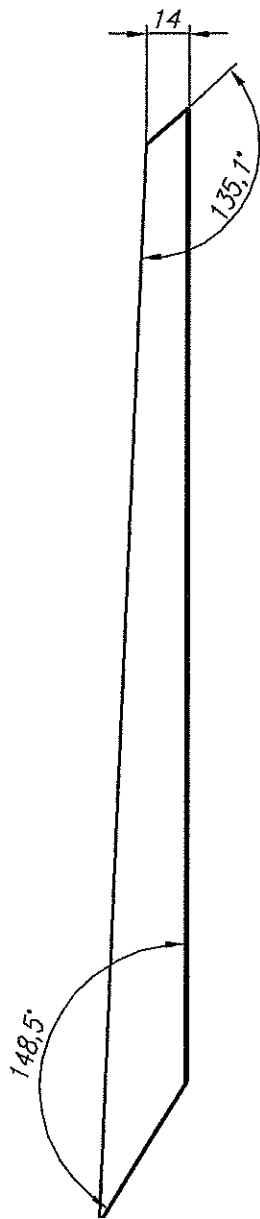
15.2	3	Paleta		Acero Inoxidable	
15.1	1	Vaso		Acero Inoxidable	
15	1	Subconjunto Vaso		Acero Inoxidable	
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos	
		Dibujado	Tnlg. Marcelo Calle		
		Aprobado	Ing. Néstor Bernal		
Escala 1:5		Fluidificador Semindustrial			Lámina: 005
Archivo:					



*Espesor 1*

*Electrodo Gemini-A  
Calidad II*

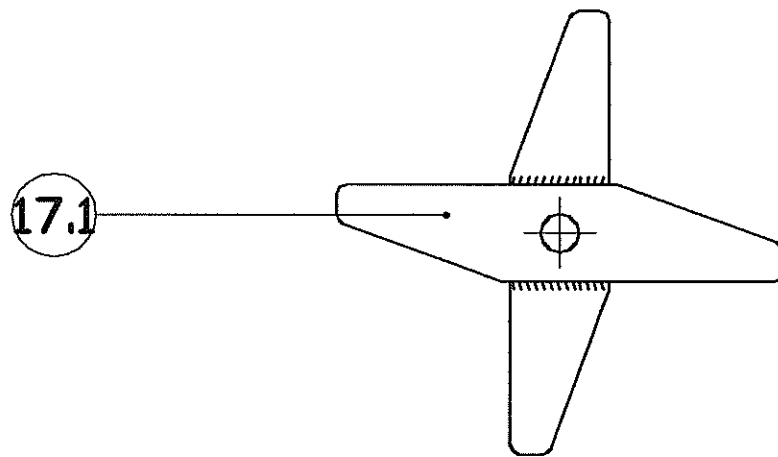
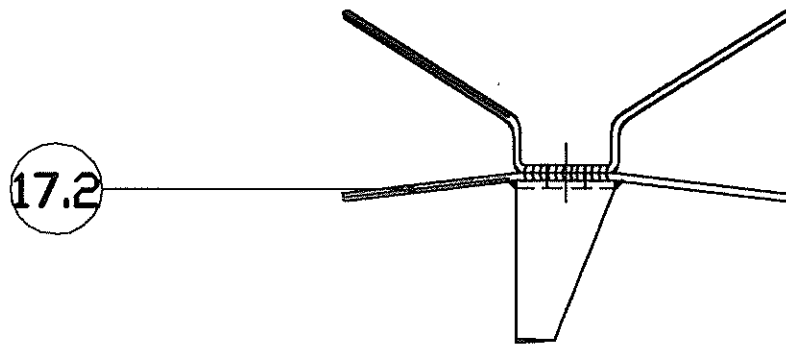
15.1	1	Vaso		Acero Inoxidable		
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas	
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		Dibujado	24-03-02			Tnlg. Marcelo Calle
		Aprobado	22-04-02			Ing. Néstor Bernal
		Escala 1:5	<i>Fluidificador Semindustrial</i>			Lámina: 006
		Archivo:				



Espesor 1

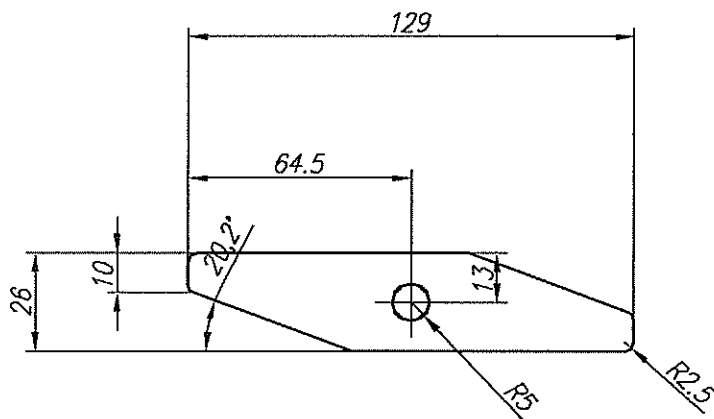
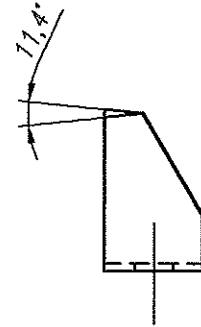
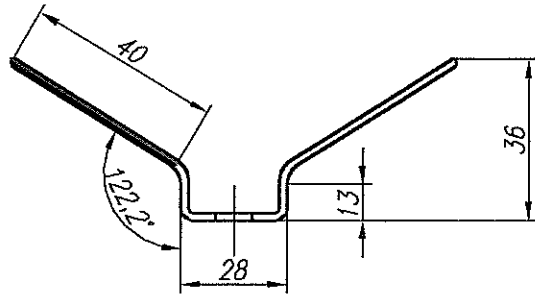
N8/

15.2	3	Paleta		Acero Inoxidable		
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas	
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		Dibujado	24-03-02			Tnlg. Marcelo Calle
		Aprobado	22-04-02			Ing. Néstor Bernal
Escala 1:2		Fluidificador Semindustrial			Lámina: 007	
Archivo:						



*Electrodo Gemini-A  
Calidad II*

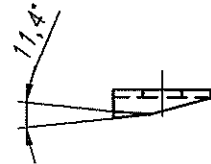
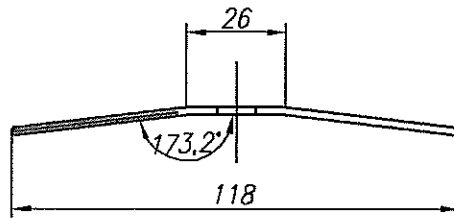
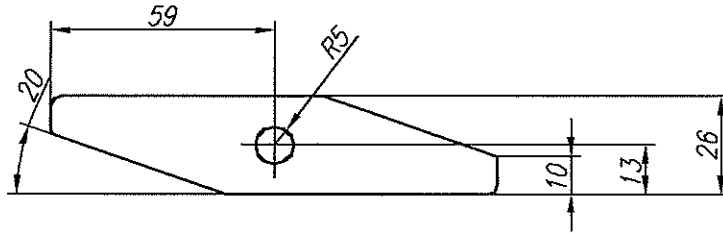
17.2	1	Hélice 2		Acero Inoxidable	
17.1	2	Hélice 1		Acero Inoxidable	
17	1	Subconjunto Hélice		Acero Inoxidable	
<i>Pos.</i>	<i>Can.</i>	<i>Denominación</i>	<i>Normas</i>	<i>Material</i>	<i>Notas</i>
		<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos</i>	
<i>Dibujado</i>	24-03-02	<i>Tnlg. Marcelo Calle</i>			
<i>Aprobado</i>	22-04-02	<i>Ing. Néstor Bernal</i>			
<i>Escala 1:2</i>	<i>Fluidificador Semindustrial</i>				<i>Lámina: 008</i>
<i>Archivo:</i>					



*Espesor 2*

*N8/*

17.1	2	Hélice 1		Acero Inoxidable	
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>U . D . A .            Facultad de C.C.T.T.            Esc. Ing. de Alimentos</i>	
		<i>Dibujado</i>	<i>Tnlq. Marcelo Calle</i>		
		<i>Aprobado</i>	<i>Ing. Néstor Bernal</i>		
<i>Escala 1:2</i>	<i>Fluidificador Semindustrial</i>				<i>Lámina: 009</i>
<i>Archivo:</i>					

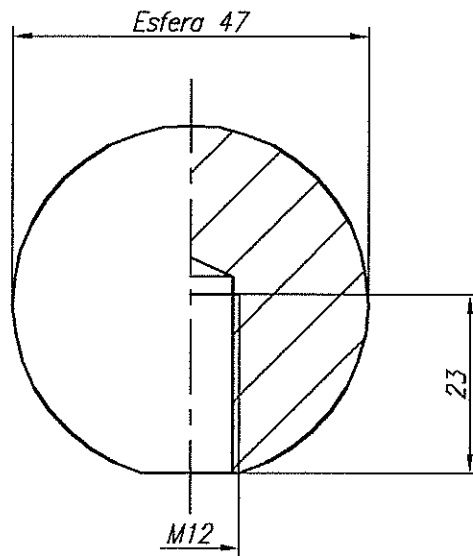


Espesor 2

N8/

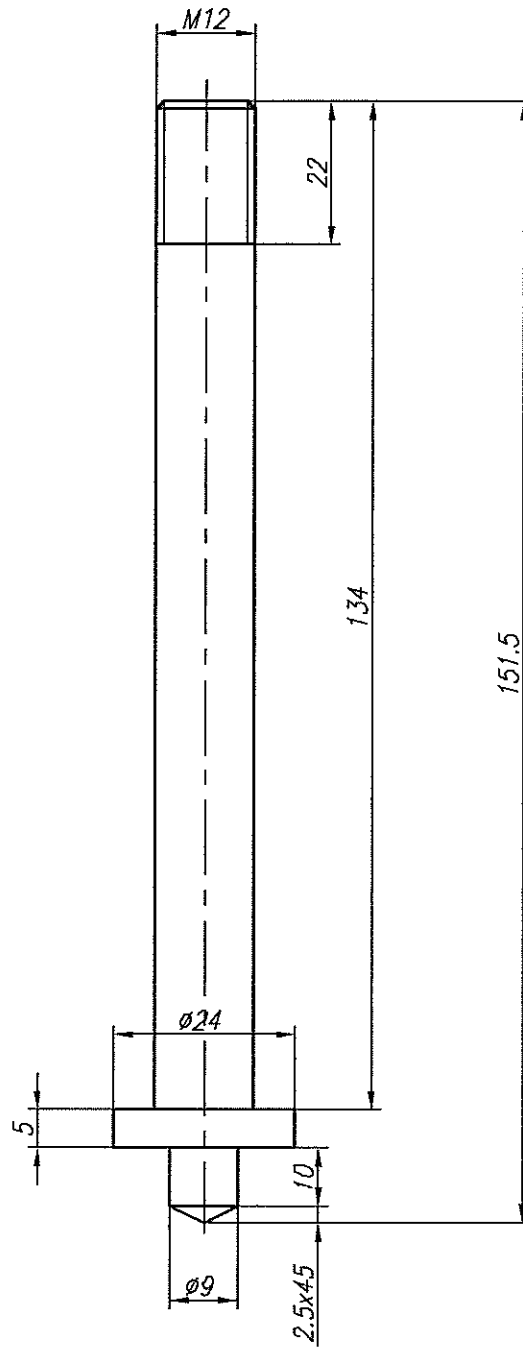
17.2	1	Hélice 2		Acero Inoxidable		
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas	
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		Dibujado	Tnlg. Marcelo Calle			
		Aprobado	Ing. Néstor Eernal			
		Escala 1:2	Fluidificador Semindustrial			Lámina: 010
		Archivo:				





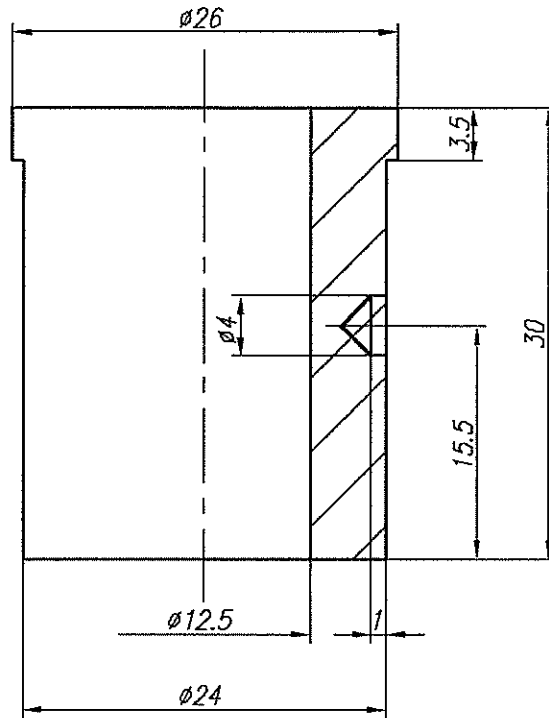
N8/

20	1	Esfera			St 37	
Pos.	Can.	Denominación		Normas	Material	Notas
		<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		<i>Dibujado</i>	<i>Tnlg. Marcelo Calle</i>			
		<i>Aprobado</i>	<i>Ing. Néstor Bernal</i>			
<i>Escala 1:1</i>	<i>Fluidificador Semindustrial</i>				<i>Lámina: 011</i>	
<i>Archivo:</i>						



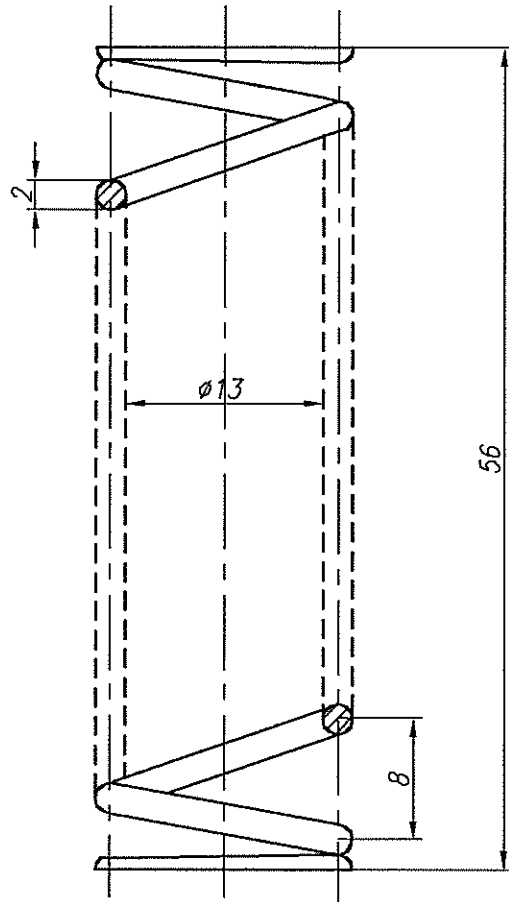
N8/

21	1	Pestillo		St 37		
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas	
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		Dibujado	24-03-02			Tnlg. Marcelo Calle
		Aprobado	22-04-02			Ing. Néstor Bernal
Escala 1:1	Fluidificador Semindustrial				Lámina: 012	
Archivo:						

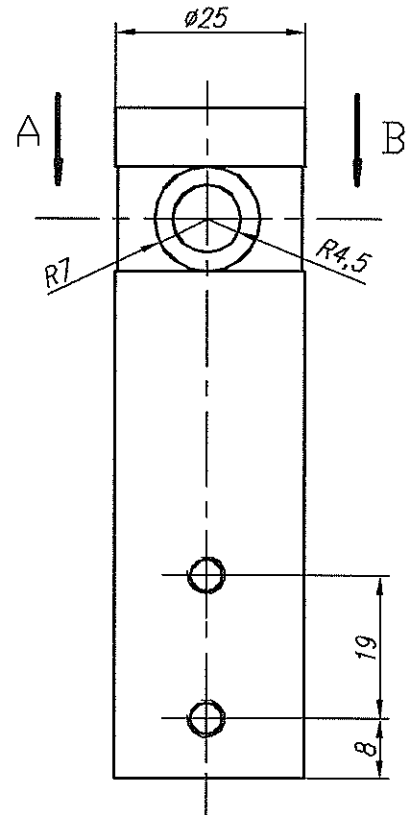
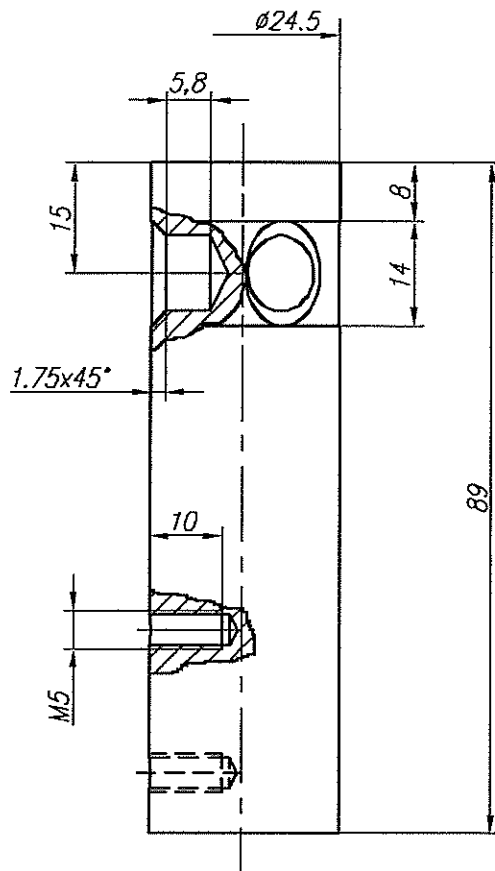


N8/

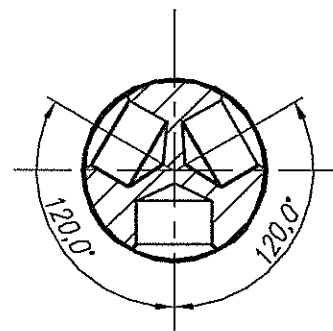
22	1	Buje		St 37	
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos	
		<i>Dibujado</i>	<i>Tnlg. Marcelo Calle</i>		
		<i>Aprobado</i>	<i>Ing. Néstor Bernal</i>		
<i>Escala 2:1</i>	<i>Fluidificador Semindustrial</i>				<i>Lámina: 013</i>
<i>Archivo:</i>					



24	1	Muelle 2		Acero para muelles	
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos	
		<i>Dibujado</i>	<i>Tnlg. Marcelo Calle</i>		
		<i>Aprobado</i>	<i>Ing. Néstor Bernal</i>		
<i>Escala 2:1</i>	<i>Fluidificador Semindustrial</i>				<i>Lámina: 014</i>
<i>Archivo:</i>					

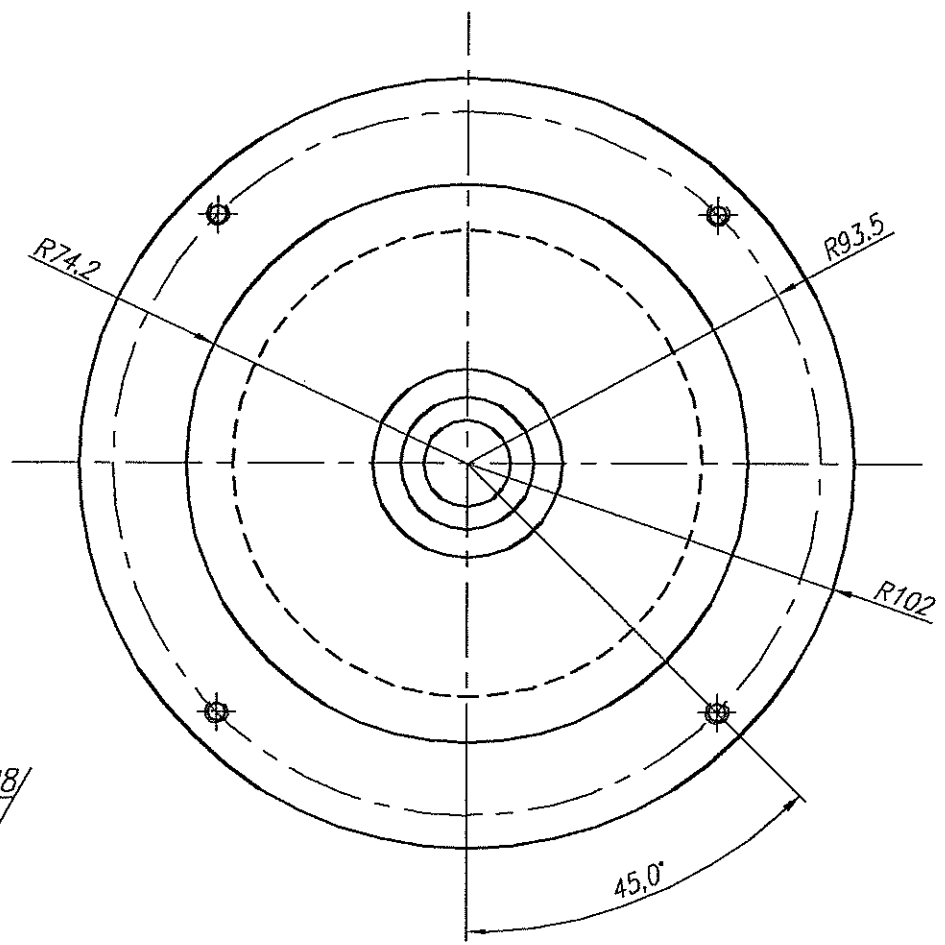
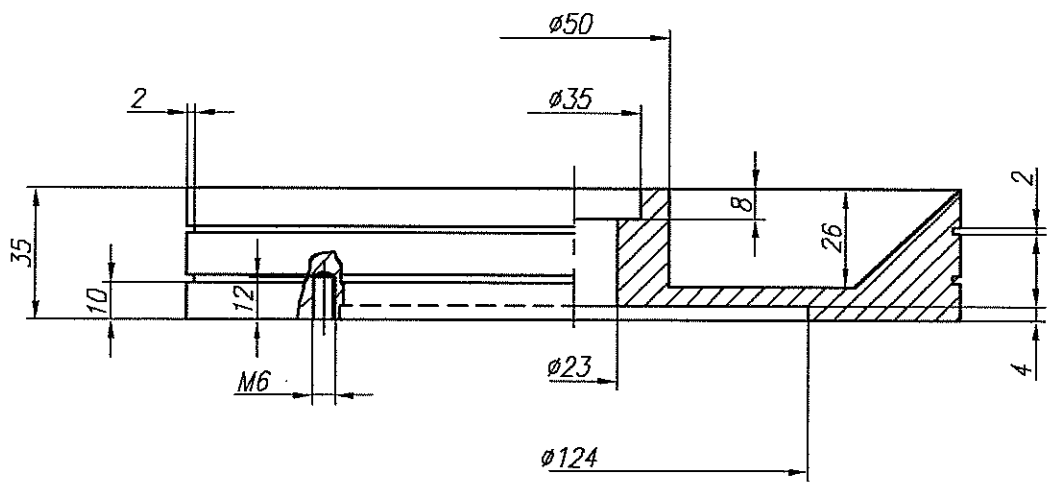


Corte AB

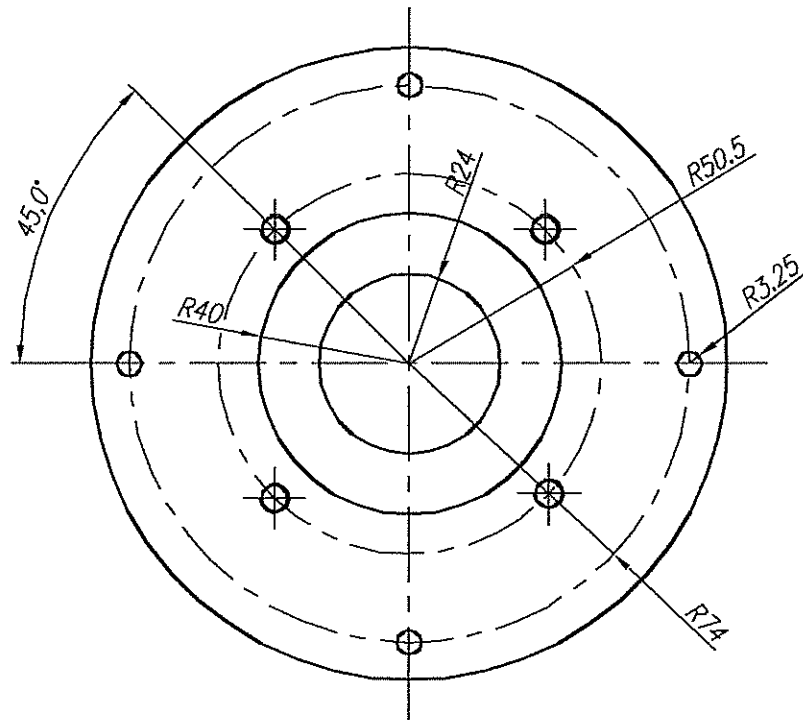
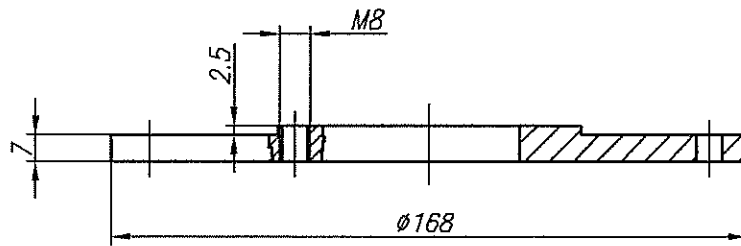


NB/

25	1	Eje porta Pestillo		St 37		
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas	
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		Dibujado	24-03-02			Tnlg. Marcelo Calle
		Aprobado	22-04-02			Ing. Néstor Bernal
Escala 1:1		Fluidificador Semindustrial			Lámina: 015	
Archivo:						

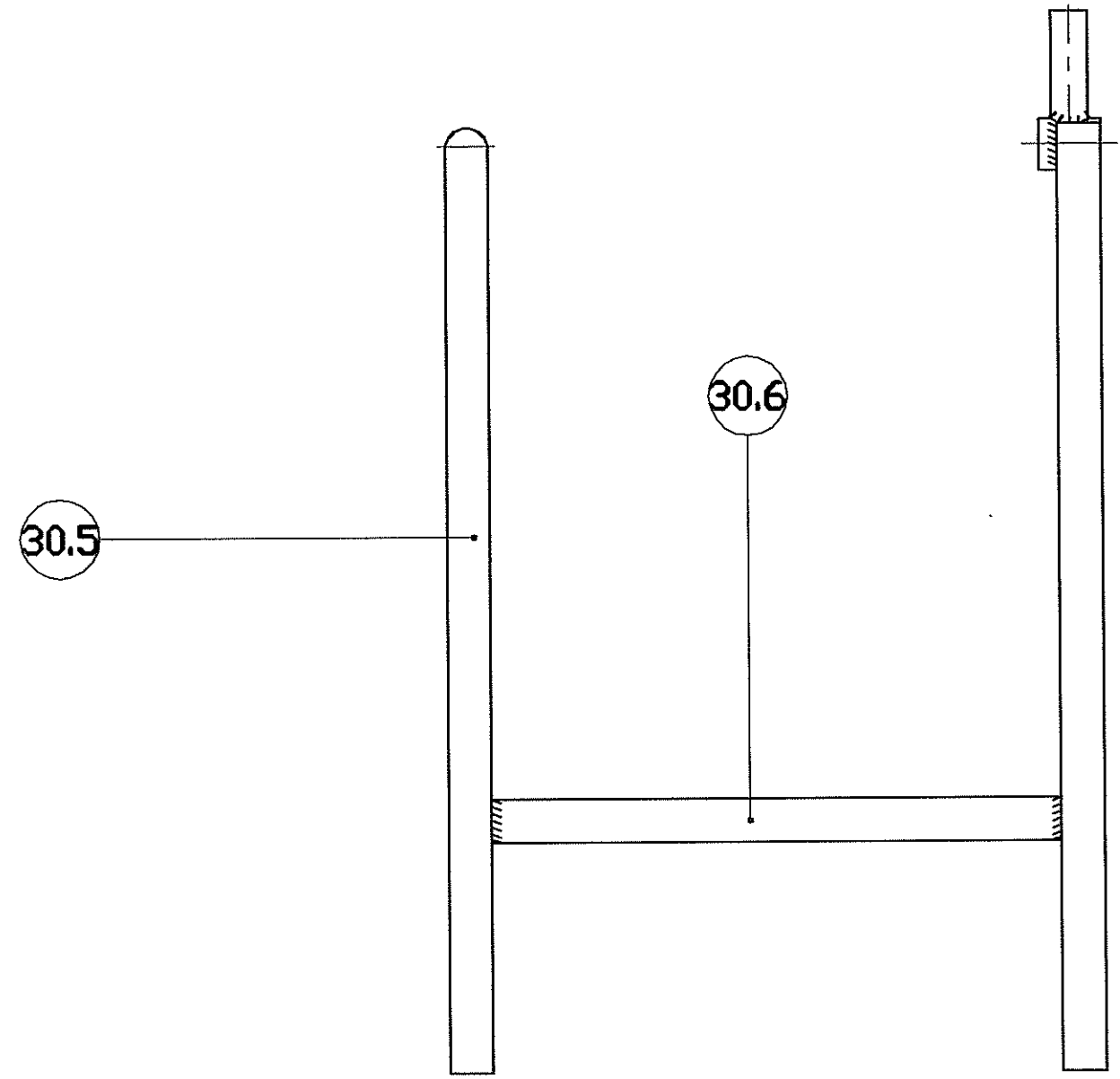
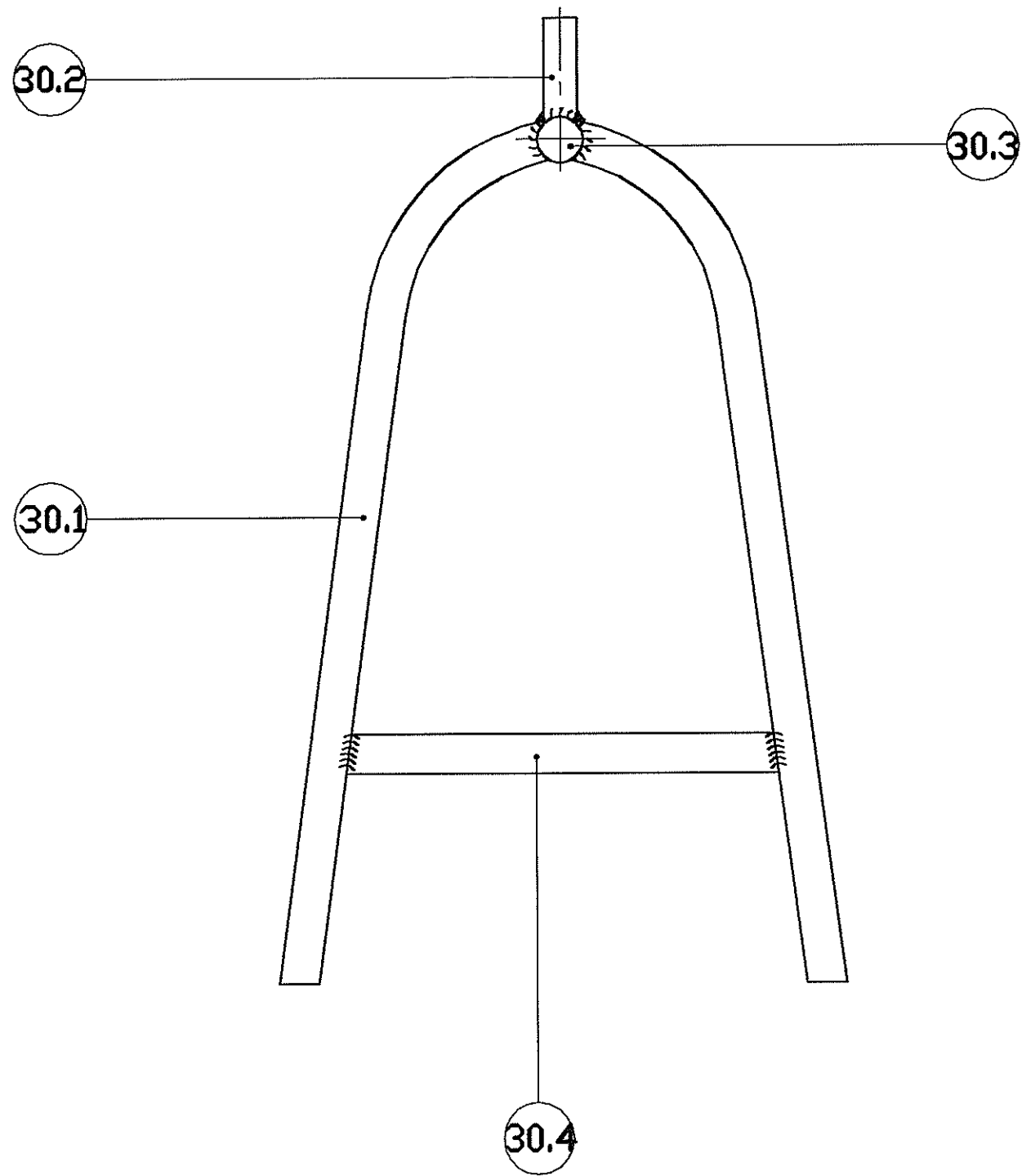


27	1	Porta Vaso		Fundición de Aluminio		
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas	
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		Dibujado	24-03-02			Tnlg. Marcelo Calle
		Aprobado	22-04-02			Ing. Néstor Bernal
Escala 1:2		Fluidificador Semindustrial			Lámina: 016	
Archivo:						



N8/

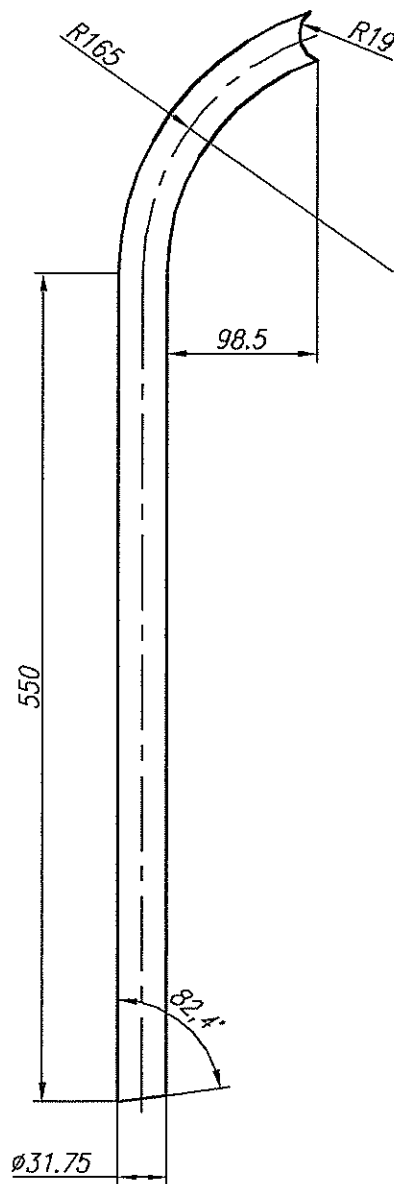
28	1	Placa porta Motor		St 37	
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos	
		Dibujado	Tnlg. Marcelo Calle		
		Aprobado	Ing. Néstor Bernal		
Escala 1:2		Fluidificador Semindustrial			Lámina: 017
Archivo:					



Electrodo 6011  
Calidad II

30.6	1	Tubo 4	JIS-G3147	St 37		
30.5	1	Tubo 3	JIS-G3147	St 37		
30.4	2	Tubo 2	JIS-G3147	St 37		
30.3	1	Buje		St 37		
30.2	1	Casquillo		St 37		
30.1	2	Tubo 1	JIS-G3147	St 37		
30	1	Subconjunto Estructura				
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas	
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		Dibujado	24-03-02			Inlg. Marcelo Calle
		Aprobado	22-04-02			Ing. Néstor Bernal
		Escala 1:5	Fluidificador Semindustrial			Lámina: 018
		Archivo:				

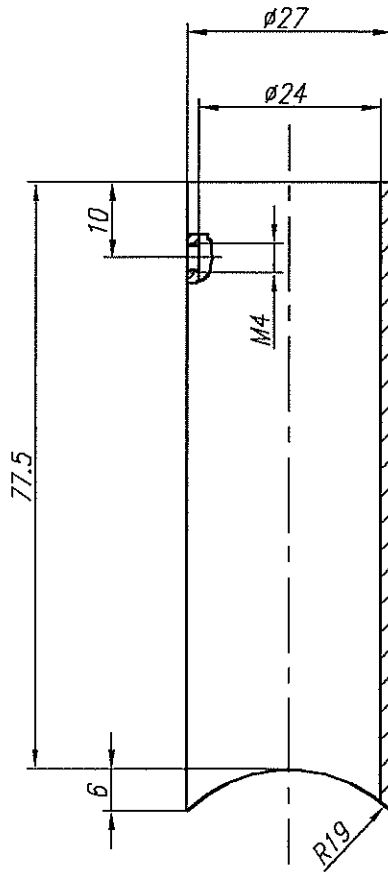




Espesor 0.9

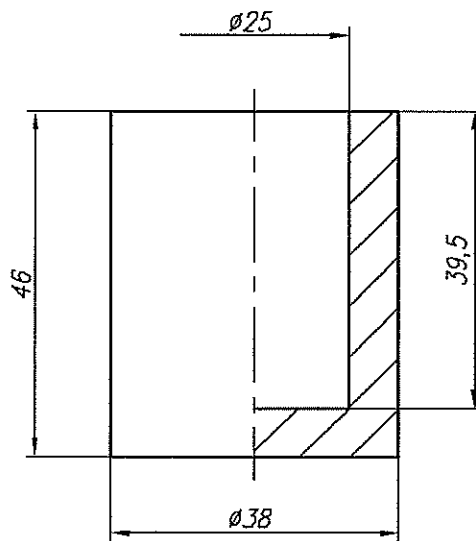
N10/

30.1	2	Tubo 1	JIS-G3141	St 37	
Fas.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos	
		24-03-02	Tnlg. Marcelo Calle		
		22-04-02	Ing. Néstor Bernal		
Escala 1:5		Fluidificador Semindustrial			Lámina: 019
Archivo:					



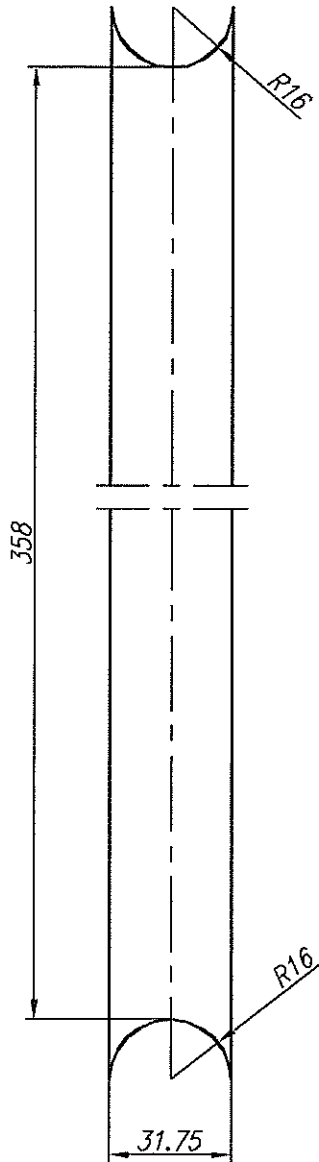
N8/

30.2	1	Casquillo		St 37		
Fas.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas	
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		Dibujado	24-03-02			Tnlg. Marcelo Calle
		Aprobado	22-04-02			Ing. Néstor Bernal
		Escala 1:1	Fluidificador Semindustrial			Lámina: 020
		Archivo:				



NB/

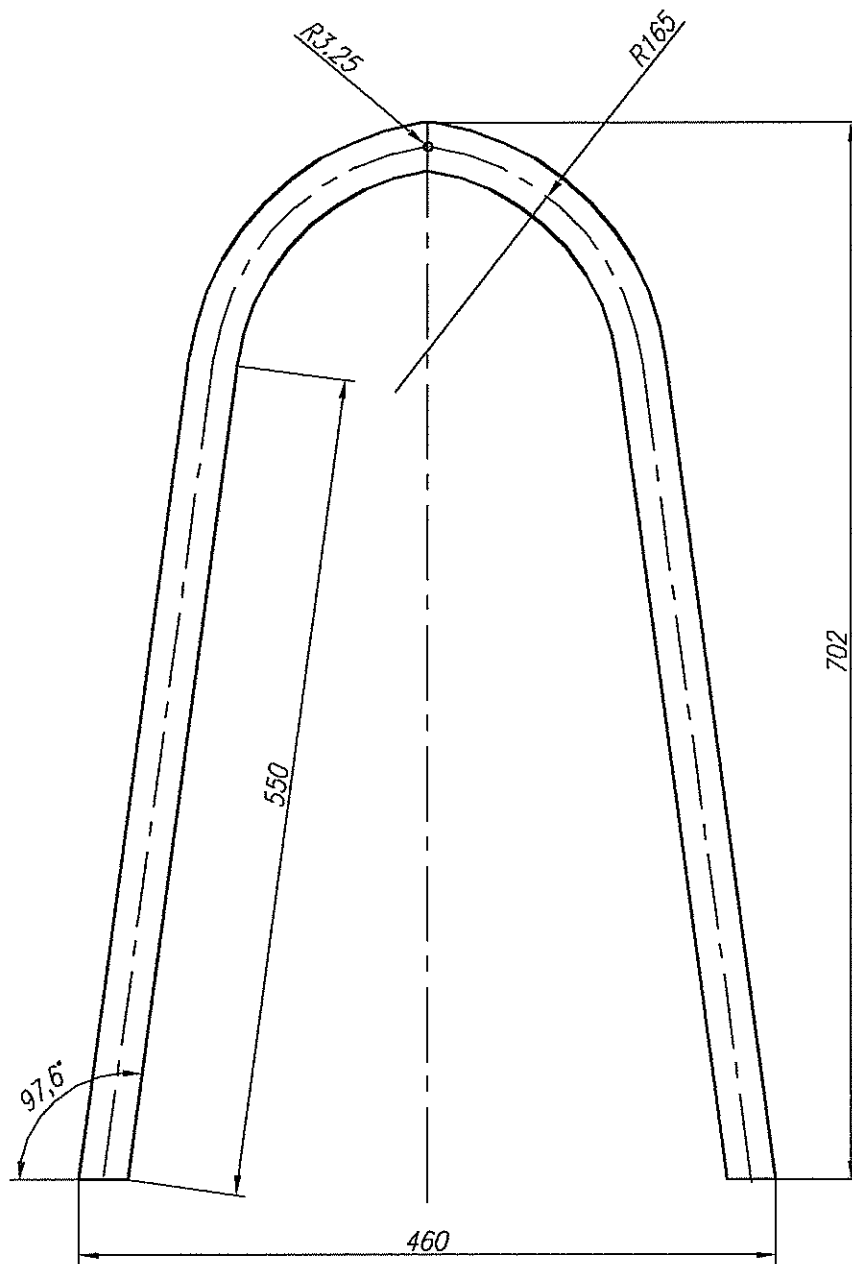
30.3	1	Buje		St 37	
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos	
		<i>Dibujado</i>	<i>Tnlg. Marcelo Calle</i>		
		<i>Aprobado</i>	<i>Ing. Néstor Bernal</i>		
<i>Escala 1:1</i>	<i>Fluidificador Semindustrial</i>				<i>Lámina: 021</i>
<i>Archivo:</i>					



*Espesor 0.9*

*N10/*

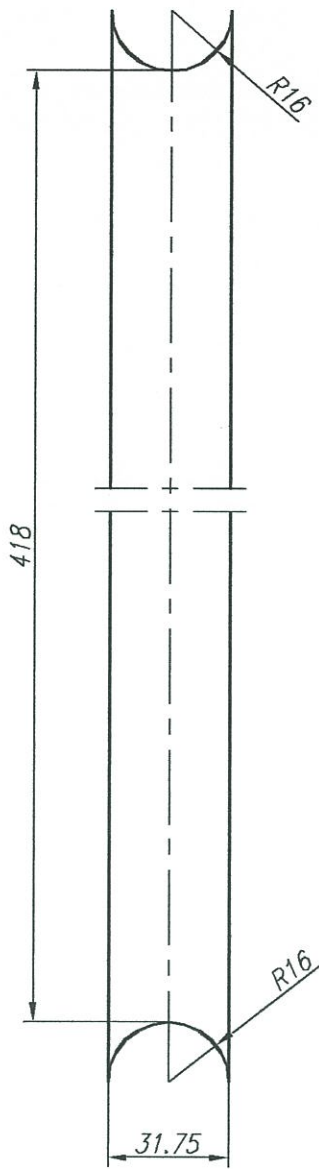
30.4	2	Tubo 2	JIS-G3141	St 37	
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>U . D . A .            Facultad de C.C.T.T.            Esc. Ing. de Alimentos</i>	
		<i>Dibujado</i>	<i>Tnlg. Marcelo Calle</i>		
		<i>Aprobado</i>	<i>Ing. Néstor Bernal</i>		
<i>Escala 1:2</i>	<i>Fluidificador Semindustrial</i>				<i>Lámina: 022</i>
<i>Archivo:</i>					



Espesor 0.9

N10/

30.5	1	Tubo 3	JIS-G3141	St 37		
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas	
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. Esc. Ing. de Alimentos		
		Dibujado	24-03-02			Tnlg. Marcelo Calle
		Aprobado	22-04-02			Ing. Néstor Bernal
Escala 1:5		Fluidificador Semindustrial			Lámina: 023	
Archivo:						



Espesor 0.9

N10/

30.6	1	Tubo 4	JIS-G3147	St 37	
Pos.	Can.	Denominación	Normas	Material	Notas
		Fecha	Nombre	U . D . A . Facultad de C.C.T.T. AZUAY Esc. Ing. de Alimentos	
		Dibujado	Tnlg. Marcelo Calle		
		Aprobado	Ing. Néstor Bernal		
Escala 1:2		Fluidificador Semindustrial			Lámina: 024
Archivo:					BIBLIOTECA