

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UNA MEZCLADORA DE POLIESTIRENO
CON CAPACIDAD DE 1 000 kg/h PARA EL PROCESO
DE FABRICACIÓN DE ENVASES**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO**

RENZO ADEMIR, IZQUIERDO ROQUE

PROMOCION 2009-II

LIMA-PERU

2013

INDICE

Pág.

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 ALCANCE	5

CAPÍTULO II

ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLADO DE SÓLIDOS

2.1 EQUIPOS DE MEZCLA	6
2.1.1 MECANISMOS DE MEZCLA	6
2.1.2 TIPOS DE MÁQUINAS MEZCLADORAS DE SÓLIDOS ...	7
2.1.2.1 <i>Volteador</i>	8
2.1.2.2 <i>Carcaza con rompedor para la reducción del tamaño del material</i>	8
2.1.2.3 <i>Carcaza o recipiente estacionario</i>	8
2.1.2.4 <i>Dispositivo de carcaza y giro interna</i>	11
2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO	11
2.1.3.1 <i>La uniformidad de la mezcla</i>	11

2.1.3.2	<i>El tiempo de mezcla</i>	12
2.1.3.3	<i>Carga y descarga</i>	12
2.1.3.4	<i>Poder</i>	13
2.1.3.5	<i>Limpieza</i>	13
2.1.3.6	<i>Desglose aglomerado y Desgaste</i>	14
2.1.3.7	<i>Formación de polvo</i>	14
2.1.3.8	<i>Carga electrostática</i>	15
2.1.3.9	<i>Desgaste de equipos</i>	16
2.1.3.10	<i>La contaminación de los productos</i>	16
2.1.3.11	<i>Calefacción o refrigeración</i>	17
2.1.3.12	<i>Flexibilidad</i>	18
2.1.3.13	<i>Vacío o presión</i>	18
2.1.3.14	<i>Método de adición de líquidos</i>	19
2.1.3.15	<i>Selección del equipo</i>	20
2.1.3.16	<i>Las pruebas piloto</i>	20
2.1.3.17	<i>Mezclado continuo</i>	22
2.2	PROCESO DE MEZCLADO	24
2.2.1	PROPIEDADES QUE AFECTAN A LA MEZCLA DE SÓLIDOS	26
2.2.1.1	<i>Granulometría</i>	26
2.2.1.2	<i>Densidad aparente</i>	27
2.2.1.3	<i>Densidad real</i>	28
2.2.1.4	<i>Forma y rugosidad de la partícula</i>	28
2.2.1.5	<i>Proporción de los componentes</i>	30
2.2.1.6	<i>Formación de cargas eléctricas</i>	31

2.2.1.7	<i>Características de flujo</i>	31
2.2.1.8	<i>Friabilidad (Fragilidad)</i>	31
2.2.1.9	<i>Estado de aglomeración</i>	32
2.2.1.10	<i>La humedad o contenido de líquido de los sólidos</i>	32
2.2.1.11	<i>Densidad, viscosidad y tensión superficial</i>	32
2.2.1.12	<i>Temperatura limitaciones de ingredientes</i>	32
2.2.2	MEDICIÓN DE LA HOMOGENEIDAD	33
2.2.2.1	<i>Evaluación</i>	34
2.2.3	LOS PROBLEMAS DE SEGREGACIÓN	38
2.3	PROPIEDADES Y CARATERISTICAS DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO	39
2.4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS A CONSIDERARSE	46
2.4.1	POTENCIA	46
2.4.2	CÁRGAS MECÁNICAS	46
2.4.3	MATERIALES	47
2.4.4	TAMAÑO Y PESO	47
2.4.5	MATERIALES COMERCIALES	47
2.4.6	VIDA ÚTIL DE SERVICIO	47
2.4.7	MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	48
2.4.8	COSTO	48
CAPÍTULO III		
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA		
3.1	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	49
3.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	50

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE LA MEZCLADORA VERTICAL

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES	51
4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	52
4.3 ESPECIFICACIONES DE LA MEZCLADORA VERTICAL	53
4.4 ALTERNATIVAS DE DISEÑO	54
4.4.1 SISTEMA DE TIPO Y FORMA DEL MEZCLADOR	54
4.4.1.1 Ventajas y desventajas de las alternativas	54
4.4.1.2 Selección de la alternativa para el tipo y forma del mezclador	57
4.4.2 SISTEMA DE MEZCLADOR	60
4.4.2.1 Ventajas y desventajas de las alternativas	61
4.4.2.2 Selección de la alternativa para el sistema del mezclador	65
4.4.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN	68
4.4.3.1 Ventajas y desventajas de las alternativas	68
4.4.3.2 Selección de la alternativa para el Sistema de Transmisión	72
4.4.4 BASTIDOR (BASE DE REDUCTOR)	75
4.4.4.1 Ventajas y desventajas de las alternativas	76
4.4.4.2 Selección de la alternativa para el bastidor	80
4.5 ESQUEMA DEL DISEÑO DEL MEZCLADOR VERTICAL	84
4.6 PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLADORA	85
4.7 CÁLCULO DE DIÁMETROS DEL CONO	88
4.8 CÁLCULO DE MEDIDAS DE LA HELICOIDAL	90

4.9 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA HÉLICE DEL SINFIN	92
4.10 CÁLCULO DEL DESARROLLO DEL HELICOIDE	98
4.11 DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE MATERIAL	104
4.12 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA	106
4.12.1 POTENCIA NECESARIA PARA EL DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL	106
4.12.2 POTENCIA PARA EL ACCIONAMIENTO EN VACÍO	107
4.12.3 POTENCIA REQUERIDA PARA UNA HELICOIDAL INCLINADA	108

CAPÍTULO V

ESTRUCTURA DE COSTOS

5.1 GENERALIDADES	109
5.2 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS	110
5.2.1 COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS	110
5.2.2 COSTOS PARA ELEMENTOS SELECCIONADOS O NORMALIZADOS	111
5.2.3 COSTOS DE MAQUINADO	112
5.2.4 COSTOS DE MONTAJE	113
5.2.5 TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	113
5.3 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS	114
5.3.1 COSTO DE MATERIALES INDIRECTOS	114
5.3.2 COSTOS DE INSUMOS	115
5.3.3 TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	116
5.4 COSTO SUBTOTAL DE LA MÁQUINA	117
5.5 COSTO DE DISEÑO	117

5.6 UTILIDAD DE LA MÁQUINA	117
5.7 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA	118
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	
PLANOS	

PRÓLOGO

El diseño de una mezcladora y el estudio del mezclado es compleja, por los muchos factores que existen y los diferentes mecanismos que se pueden utilizar para este proceso.

La empresa PAMOLSA, empresa que fabrica envases de tecnopor, incorporó un proceso de recuperación de material en su línea de producción, en este proceso de recuperación PAMOLSA necesito molinos, ventiladores, ciclones y un mezclador es allí que nació el requerimiento del diseño y fabricación de una mezcladora de poliestireno.

Para la mejor realización del trabajo, el mismo se ha dividido en capítulos de la manera siguiente:

En el Capítulo I, Introducción del estudio, se presenta la situación problemática que enfrenta este trabajo, los antecedentes, se citan los objetivos de este trabajo, además los antecedentes, la justificación y finalmente el alcance de este trabajo.

En el Capítulo II, Estudio del proceso mezclado de sólidos, aquí se ve la complejidad del estudio del mezclado, así como los factores que influyen directamente en ella y se muestra algunos mecanismos de mezclado que existen.

En el capítulo III, Consideraciones de diseño de la mezcladora, en este capítulo se muestra los requerimientos del cliente, así como un análisis de posibles alternativas de algunos sistemas de funcionamiento y una ponderación de que alternativa es la más conveniente

En el capítulo IV, Cálculo de elementos del mezclador, se presenta los cálculos necesarios y algunas consideraciones que se han dado para hallar las diferentes medidas de nuestro mezclador como el espesor de la helicoidal y el desarrollo de este.

En el capítulo V, Estructura de costos, se presenta el costo total del mezclador, haciendo una evaluación de los costos directos, los costos indirectos, los costos por el montaje, costos por el diseño y la utilidad.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El mezclado es una de las operaciones unitarias de la ingeniería más difíciles de someter a un análisis científico. Hasta el presente no se ha desarrollado ninguna fórmula o ecuación aplicable al cálculo del grado de realización al que se verifica la mezcla, o la velocidad con que se realiza, en determinadas condiciones.

Se dice que el consumo de energía eléctrica de un mezclador proporciona una medida real del grado en que se ha completado una mezcla, porque se necesita una cantidad definida de trabajo para mezclar las partículas del material dentro del recipiente que lo contiene. Con todo, esto nunca es verdad en la práctica, debido a las interferencias imposibles de evaluar, tales como corrientes transversales, corrientes parásitas, que se establecen, (incluso en las mezcla de plásticos y sólidos) dentro del recipiente.

1.1 ANTECEDENTES

El mezclado a sido tan importante en todos los campos desde las edificaciones desde la antigüedad se emplearon pastas y morteros elaborados con arcilla o greda, yeso y cal para unir mampuestos en las edificaciones, y aún en nuestra actualidad este proceso es vital, en la industria alimenticia, farmacéutica,

detergentes, fertilizantes, pigmentos y muchos otros campos donde el proceso de mezclado y la buena homogeneidad y proporción es de vital importancia.

El proceso de mezclado en líquidos se ha ido profundizado su estudio en la ingeniería química, en tanto que el proceso de mezclado en sólidos ha sido muy poco estudiado en la ingeniería, se ha tornado más empírica, es por eso que en este trabajo se verá todos los aspectos que afectan e intervienen en el proceso de mezclado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una mezcladora con capacidad de 1000 kg/h para el mezclado de poliestireno virgen y del poliestireno recuperado en el proceso de fabricación de envases.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una mezcladora acorde la necesidad del cliente en cuanto a tamaño, producción, costo, facilidades de limpieza y mantenibilidad.
- Diseñar una mezcladora menos costosa que las que existen en el mercado y con igual funcionalidad y características.
- Establecer un método de diseño y cálculo de una mezcladora de sólidos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La empresa PAMOLSA tuvo la necesidad de ampliar su producción y a su vez de reducir la merma producida en su proceso de producción (por el corte), por tal motivo incorporó un proceso de recuperación, el cual consistía en un molino, un ciclón y una mezcladora para devolver la merma al proceso productivo. La empresa PAMOLSA contrató a YRS Asociados para realizar el diseño y construcción de la mezcladora el cual tendría que tener las características definidas de salubridad y de capacidad requerida para el proceso.

1.4 ALCANCE

Este trabajo consiste sólo en el diseño de la mezcladora vertical para el mezclado de poliestireno recuperado y poliestireno virgen, y se dan algunos datos de costos de fabricación de la misma, el proceso de fabricación no se considera en este trabajo, cabe recalcar que la capacidad y material fueron dadas por el cliente PAMOLSA.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DEL PROCESO DE MEZCLADO DE SÓLIDOS

2.1 EQUIPOS DE MEZCLA

2.1.1 MECANISMOS DE MEZCLA.

Hay varios mecanismos básicos para que las partículas sólidas se mezclen. Estos incluyen movimiento aleatorio a pequeña escala (difusión), movimiento aleatorio a gran escala (convección), y movimientos de cizallamiento.

Propuestas que aumenten la movilidad de las partículas individuales promoverá la mezcla difusiva. Si no hay oposición (efectos segregantes), esto mezclará difusivamente en el tiempo, y se tendrá una mezcla a un alto grado de homogeneidad.

La mezcla difusiva ocurre cuando las partículas se distribuyen sobre una superficie recién desarrollada y cuando las partículas individuales se proporcionan mayor movilidad interna. Un vaso llano da la primera, mientras que un molino de impacto confiere a este último.

Para el mezclado rápido, además de difusión (escala fina) de mezcla, debe haber un medio por el que grandes grupos de partículas se entremezclan.

Esto se puede lograr ya sea por la convección o el mecanismo de corte. Un mezclador de cinta ilustra la primera, mientras que un vaso llano confiere a este último.

El mecanismo de difusión se produce fácilmente para polvos de flujo libre en el que las partículas individuales son muy móviles, pero es inhibida por la cohesión entre las partículas. De ello se deduce que los polvos cohesivos, que contienen material fino o fases líquidas, son relativamente difíciles de mezclar. Al mismo tiempo, la movilidad reducida de partículas inhibe la desmezcla de modo que una vez mezclados, polvos cohesivos tienden a permanecer así. Polvos de flujo libre, por otra parte son propensos a la desmezcladura durante cualquier operación de transporte / manipulación. Los efectos beneficiosos, se señaló anteriormente, de adición de líquidos, presumiblemente como resultado de una mayor cohesión.

2.1.2 TIPOS DE MÁQUINAS MEZCLADORAS DE SÓLIDOS.

Hay varios tipos de máquinas mezcladoras de sólidos. En algunas máquinas, el recipiente se mueve. En otros un dispositivo gira dentro de un contenedor estacionario. En algunos casos, una combinación de rotación y la rotación del dispositivo recipiente interno se utiliza.

A veces deflectores o cuchillas están presentes en el mezclador. La mayoría de los tipos puede ser muy eficaz para polvos de flujo libre, teniendo en cuenta que la segregación también puede ser favorecida. Polvos altamente cohesivos requieren generalmente de alto cizallamiento (gradiente de velocidad) para lograr un alto grado de microhomogeneidad.

2.1.2.1 Volteador.

Adecuado para suaves *mezclados*, adecuado para materiales densos y abrasivos; este tipo de mezclador es capaz de manejar grandes volúmenes; se limpia fácilmente. No es eficaz para romper los aglomerados.

2.1.2.2 Carcaza con rompedor para la reducción del tamaño del material.

Usado para molino de bolas, molino de barras y molino de piedra vibratoria que logrará mezclando junto con la reducción de tamaño.

Dispone de varios vasos por separado conducidos por dispositivos internos rotativos para romper los aglomerados. El propio tambor pueda ser usado en la mezcla suave si la reducción del tamaño material no es necesaria.

2.1.2.3 Carcaza o recipiente estacionario.

Hay un número de diferentes tipos de mezcladores en el que el recipiente es estacionario y desplazamiento de material se lleva a cabo por uno o varios dispositivos de mezcla rotatorios internos.

- a. Cinta mezclador.** Dentro de este subgrupo hay varios tipos. Sección transversal y la cinta echada, holguras entre la cinta y la carcasa exterior y el número de espirales en la cinta son algunas de las características que se pueden variar para adaptarse a los materiales que van desde la baja densidad de los materiales finamente divididos que airean rápidamente a los materiales fibrosos o pegajoso que requieren aprobación de la gestión positiva ayuda. Otras variaciones de construcción son el centro o extremo de descarga y montaje de las palas de remos o de corte en el eje

central. Una cinta ancha se puede utilizar para la elevación, así como para el transporte, mientras que una estrecha corte a través del material mientras que la transmisión. La cinta es adaptable a lotes o continuo de mezcla.

b. Mezclador de tornillo vertical. Este subgrupo también tiene varias variaciones. Algunos de ellos son con un tornillo que gira alrededor de su propio eje al mismo tiempo que orbita alrededor del eje central del depósito cónico. En otra variación, el tornillo no orbita sino que permanece en el centro del tanque cónico y se estrecha de manera que el área de barrido aumenta con la altura creciente. En otro tipo, el tornillo central está contenido en una carcasa cilíndrica interior. Este tipo de mezclador es principalmente adecuado para flujo libre de sólidos secos.

c. Mezclador Muller. La estacionario-pan con la rotación de la torreta es uno de varios tipos. Otros tipos muller son del tipo de contracorriente, en la que el pan y la torreta Muller giran en direcciones opuestas, y el tipo giratorio-pan, en la que la torreta Müller es estacionaria. Los paseos pesados rodillos de ancho sobre el material. Hay algo de arrastre acción donde los rodillos de enganchar la masa de los materiales. Esto le da corte local más mezcla escala gruesa que es ayudado por los arados y raspadores. La moleta es útil para problemas de mezcla que requieren ciertos tipos de avería total, anclaje por fricción de las partículas entre sí, y la densificación de la mezcla final. Los materiales que son excesivamente líquida o pegajosa debe ser

evitado. El mezclador Muller se utiliza generalmente para operaciones por lotes.

- d. Doble rotor.** Este consta de dos ejes, ya sea con palas o tornillos encerrado en una cáscara cilíndrica. Hay varios tipos disponibles con velocidades de eje que van desde moderadamente baja a relativamente alta. El doble rotor es útil para mezclar continuamente no fluyen libremente sólidos, los líquidos se pueden añadir, hay desgaste producto menor, y materiales se pueden añadir más allá de la entrada. Es fácilmente adaptable para calefacción o refrigeración. Algunas máquinas están diseñadas específicamente para la transferencia de calor durante el mezclado. El molino pug es un tipo de rotor gemelo.
- e. Rotor único.** Este consiste en un eje único con paletas de encapsulado en una carcasa cilíndrica. Este tipo está disponible con velocidades relativamente altas, aunque en ciertos casos se utilizan velocidades más bajas. Un solo rotor de alta velocidad da el máximo impacto corto de un molino. Se utiliza para la dispersión intensiva y la desintegración. El tipo está disponible con carcasa dividida y es adecuado para la calefacción o refrigeración y pequeñas cantidades de adición de líquidos.
- f. Mezclador de turbina.** Este es un canal circular con una carcasa en el centro alrededor del cual gira una araña o una serie de patas con rejas de arado o vertederas en cada pierna. Las vertederas girar a través del canal circular. Este mezclador es adecuado para materiales secos o materiales

que no fluyen bien y también es adaptable a líquido-sólido problemas de mezclado y recubrimiento.

2.1.2.4 Dispositivo de carcaza.

La contracorriente Muller, que se encuentra en esta categoría, se menciona bajo "mezclador Muller." Esta máquina tiene un recipiente giratorio en sentido horario de mezcla con un cabezal giratorio en sentido antihorario herramienta mezcladora montada fuera del centro de la bandeja, proporcionando así un patrón de mezclado planetario. Para el mezclado de flujo libre de sólidos que no requieren la acción de compresión y de cizallamiento de Mullers, arados a veces se utiliza solo. Cuando se utiliza con Mullers, arados desviar material en su camino. Herramientas especiales de mezcla están también disponibles.

2.1.3 CARACTERÍSTICAS DE RENDIMIENTO.

Antes de seleccionar el equipo de mezcla de sólidos, se debe dar un estudio cuidadoso a las diferentes características que influyen en el rendimiento. Estos se describen a continuación.

2.1.3.1 La uniformidad de la mezcla.

El tipo adecuado de mezclador debe ser elegido para asegurar el grado deseado de homogeneidad por lotes. Esto no puede ser comprometido por otras funciones. La prioridad es la mezcla de los sólidos y cada tipo de mezcladora tiene diferentes comportamientos, características y grados de homogeneidad ante diferentes tipos de materiales.

Se debe tener cuidado para evitar la mezcla demasiado tiempo, ya que en algunos casos esto dará como resultado una mezcla más pobre. Un gráfico de grado de mezcla en función del tiempo debe hacerse para seleccionar el tiempo de mezclado apropiado cuantitativamente.

2.1.3.2 El tiempo de mezcla.

El tiempo real durante el cual está siendo el lote mezclado es generalmente menos de 15 min si el tipo adecuado de máquina y la capacidad de trabajo se han escogido. En algunos casos, mucho más largos tiempos de mezclado se tolera con el fin de evitar el coste de la compra de equipos más eficientes. Sin embargo, por lo general hay una máquina que puede homogeneizar correctamente casi cualquier tipo de mezcla en menos de 15 min siempre que uno está dispuesto a pagar el precio. De hecho, el diseño de mezclador adecuado en la mayoría de los casos será producir la mezcla deseada en unos pocos minutos.

Además el tiempo de mezclado real, sin embargo, el tiempo total del ciclo debe ser optimizado.

2.1.3.3 Carga y descarga.

El sistema de manipulación total debe ser considerado con el fin de obtener las condiciones óptimas de carga y descarga.

Esto incluye el uso eficiente de los pesan tolvas y contenedores de sobretensión, de premezclado menor-ingrediente, la ubicación de compuertas de descarga, y así sucesivamente.

2.1.3.4 Poder.

En general, los requisitos de energía no son una consideración importante en la elección de una mesa de mezclas de sólidos desde otros requisitos suelen predominar.

Sin embargo, la energía se debe suministrar suficiente para manejar las necesidades máximas no debe haber cambios durante la operación de mezclado.

Además, cuando una variedad de mezclas puede ser necesaria, la energía debe ser suficiente para que los más pesados de la densidad aparente de materiales. Si el mezclador cargado se va a iniciar desde el reposo, debe haber suficiente energía para esto.

Cuando la variación de velocidad puede ser deseable, esto debe ser tenido en cuenta en la planificación de los requisitos de potencia.

2.1.3.5 Limpieza.

La facilidad, la frecuencia, y la rigurosidad de limpieza pueden ser consideraciones importantes cuando los lotes son incompatibles para ser mezclado en momentos diferentes en la misma máquina. Plain vasos que caen son fáciles de limpiar, siempre que se disponga de suficientes aberturas. Las áreas que pueden presentar problemas de limpieza son:

- Sellos o cajas de relleno
- Las grietas en los soportes deflectores
- Las esquinas
- La descarga.

Si la limpieza entre lotes diferentes puede llevar mucho tiempo, se debe considerar varios mezcladores pequeños. La construcción de una máquina sanitaria especial por lo general puede ser proporcionada a costo extra.

2.1.3.6 Desglose aglomerado y Desgaste.

Los dos métodos de producir ruptura aglomerado y el desgaste son las siguientes:

- 1. Impacto.** El factor importante es la velocidad periférica del dispositivo de rotación interna.
- 2. Acción de cizallamiento y de compresión.** En Mullers esto depende de la holgura entre Muller y pan y el peso Muller o carga de resorte, respectivamente.

Cuando un dispositivo de desgaste es necesario para romper los agregados, pero también puede producir la reducción de tamaño demasiado sobre los componentes de proceso por lotes, el desgaste tolerable debe ser determinada por pruebas.

2.1.3.7 Formación de polvo.

Pérdida de polvo pueden afectar seriamente a la composición de lotes, especialmente cuando vitales ingredientes menores se pierden.

Los métodos para reducir al mínimo la formación de polvo son:

1. El uso de ingredientes por lotes que contengan menos polvo pero con igual resultado. A veces, una forma granulada de un material extremadamente polvoriento está disponible.
2. Ventilación adecuada a fin de permitir el filtrado de aire desplazado en lugar de pérdida no regulada de dustladen aire.
3. Modificaciones y ajustes en la para carga y descarga del mezclador.
4. Adición de líquidos si es factible. No sólo es el agua efectiva para minimizar el polvo en la descarga de la mezcladora, pero si se añade también hará que el lote menos polvo en pasos de manipulación subsiguientes. La adición de una pequeña cantidad de agente tensioactivo se mejora la penetración del agua en todo el lote y que pueda mojar incluso materiales tales como polvo de carbón.

Se debe tener cuidado para evitar la succión de gran alcance o el flujo de aire en el mezclador o en la tolva para pesar de que la alimentación de los ingredientes en el mezclador. Si la succión de polvo recogida en el mezclador es demasiado fuerte, ingredientes vitales pueden ser succionados. Si la succión de polvo recogida en el sistema de pesaje es demasiado fuerte, puede esta succión influir en disminución del material

2.1.3.8 Carga electrostática.

Ciertos materiales, como los plásticos tienden a acumular una carga fácilmente. El trabajo de entrada afectará a la carga en el lote. El recubrimiento del interior de la cáscara mezclador o elementos giratorios en ocasiones pueden

resultar debido a la carga electrostática. Esto puede presentar un problema de limpieza.

Posibles ayudas en la superación de este son:

1. La adición de materiales sólidos especiales con área superficial muy alta a relaciones en peso.
2. Adición de líquidos.
3. Selección apropiada de los materiales de construcción de la mezcladora.
4. El control de la humedad.
5. Preparación de los ingredientes de lotes con el fin de minimizar la carga acumulada.

2.1.3.9 Desgaste de equipos.

Dispositivos tipo molino pueden presentar graves problemas de abrasión con ciertos materiales, tales como arena y granos abrasivos muela de rectificar. Resistente a la abrasión de revestimiento tal como revestimiento de goma, aleaciones especiales, o galjanoplastias deben ser considerados para estos casos. Un dispositivo agitador interno puede llevar a pesar de que su velocidad es baja. En particular, cuando materiales muy abrasivos se van a mezclar, los beneficios de un dispositivo de aglomerado sin precedentes deben ser sopesados frente a la contaminación potencial y la sustitución y mantenimiento.

2.1.3.10 La contaminación de los productos.

Esto ha sido parcialmente cubierto por la "limpieza" y "desgaste de los equipos." Otras fuentes de contaminación son los lubricantes y materiales de

reparación. Tipos que no son compatibles con los lotes que se mezclan debe ser evitado.

2.1.3.11 Calefacción o refrigeración.

Casi todos los mezcladores comerciales pueden ser calentado o enfriado. Algunos pueden estar provistos de agitadores calentado o enfriado. Si el aumento de temperatura durante la mezcla es perjudicial, instalaciones de refrigeración debe ser proporcionada. Los distintos fabricantes pueden proporcionar detalles sobre los medios de calefacción de sus máquinas.

Medios de calentamiento más comunes son:

1. De agua o vapor en la camisa y en el hueco de tornillo o paletas de tipo agitador interno.
2. Aceite caliente
3. Dowtherm líquido o vapor.
4. De contactos de calentadores eléctricos, o radiante.
5. De aire caliente en contacto directo con el producto (adecuado únicamente para mezcladore de tambor giratorio).
6. De calentamiento exterior del tambor por fuego directo o indirecto. Para el enfriamiento

Los medios más comunes son:

1. Agua o fluido refrigerante en la camisa y en el hueco de tornillo o paletas de tipo agitador interno.
2. Un evaporante tal como amoníaco líquido.
3. El contacto directo de aire (para la rotación de la carcasa del mezclador)

4. El aceite o Dowtherm (o su equivalente) para enfriar materiales de alta temperatura.

2.1.3.12 Flexibilidad.

Caso de lotes de tamaño muy diferente debe mezclarse, la flexibilidad de la capacidad de funcionamiento puede permitir el uso de un menor número de mezcladores. Algunas características pueden requerir determinados requisitos de capacidad no flexible. Por ejemplo, normalmente un dispositivo interno de agitación en una mezcladora de tambor giratorio no funciona efectivamente a menos que el lote se carga a un cierto nivel. La necesidad de tales características debe ser sopesada contra las limitaciones impuestas por un estrecho rango de operación de capacidad al elegir el equipo para una operación en la que el tamaño del lote puede variar considerablemente.

En general, el efecto de porcentaje de volumen ocupado por el mezclador por lotes, sobre la adecuación de la mezcla debe tener en cuenta, en particular cuando cualquier cambio desde la recomendada por ciento en volumen se considera.

2.1.3.13 Vacío o presión.

Mayoría de los mezcladores que caen pueden tener disposición para el vacío o la presión. Mezcladores que no pueden ser adaptadas a estas condiciones son Mullers con bandejas giratorias. Mezcladoras continuas presentar problemas de sellado de la carga y descarga de los extremos.

2.1.3.14 Método de adición de líquidos.

Cuando la adición de líquidos puede ser deseable, esto debe tenerse en cuenta al diseñar el sistema de mezcla en lugar de a toda prisa improvisado.

El propósito del líquido puede ser considerada, ya sea para:

1. La supresión de polvo.
2. Adición al producto
3. Calefacción o refrigeración.

Si un líquido viscoso debe estar bien distribuido, este requisito se debe considerar al elegir el mezclador.

El líquido debe ser dirigido a los materiales de carga y no sobre la superficie de mezclador desnudo ya que esto podría causar la acumulación. Presión de la boquilla de pulverización debe ser suficiente para penetrar el lote pero no tan alta como para causar salpicaduras pesadas. El líquido debe ser añadido a la mezcla bien mezclada. En particular, cuando prematura adición de líquido podría perjudicar la adecuación de la mezcla, tanto el tiempo durante el cual se añade en el ciclo de mezcla y el tiempo necesario para añadir el líquido son importantes.

Equipo automatizado para la adición de líquidos se puede trabajar en la mezcla global de la planta cuando sea necesario, para fines de reducción de polvo, este es un método volumétrico de medición satisfactoria. Sin embargo, si un ingrediente crítico lote se añade en forma líquida, otro método más preciso de la medición puede ser necesario.

Otras consideraciones son:

1. Una ventilación adecuada y recintos de descarga.
2. La provisión de alivio de explosión interna.
3. El aislamiento de vibraciones (amortiguadores).
4. El control remoto de carga y descarga.
5. El ruido durante el funcionamiento.

2.1.3.15 Selección del equipo.

Tipos de mezcladores y características de rendimiento se han dado. Tendencias segregantes entre materiales sólidos también se han descrito. Un buen enfoque para la selección del mezclador de sólidos se inicia con un examen cuidadoso de estas áreas. Sin embargo, la selección de sonido también debe implicar la consideración de lugar de la mezcladora en el proceso global. Posible consolidación de muchos sólidos de procesamiento de pasos o lo contrario (una división de operaciones en varias) merece un examen en este momento. Si no hay una máquina estándar tiene todos los requisitos necesarios, se debe pensar en que mejor máquina puede ser modificado para lograr la combinación más deseable de características. Uno debe mirar a los objetivos globales del proceso, así como en los detalles del equipamiento al seleccionar un mezclador de sólidos.

2.1.3.16 Las pruebas piloto.

En algunos casos, es posible llevar a cabo pruebas piloto en una versión a pequeña escala del equipo a utilizar en la producción. Mucha información útil se puede encontrar aquí, pero la siguiente se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. En general, cuanto mayor sea la unidad piloto, la más fiable la predicción de rendimiento a gran escala. La unidad piloto debe ser un prototipo con todas las dimensiones correctamente en tamaño reducido.
2. Publicado sólidos mezclando escala los datos son escasos. Los proveedores de equipos puede proporcionar una escala información de seguimiento para sus tipos particulares de equipos en la base de la experiencia. Con tumbadores geoméricamente similares, si las velocidades se ajustan para dar movimiento comparable y la fracción de volumen ocupado por el mezclador de carga es el mismo incremento de escala, de los resultados será sencillo. La presencia de un dispositivo interno giratorio presenta problemas en la ampliación de los espacios libres, área de la hoja a volumen de la mezcla, y los tamaños y velocidades de los dispositivos giratorios. Para interruptores de aglomerado, el factor clave en la ampliación es la velocidad de impacto.
3. Los materiales de proceso actuales se debe utilizar si es posible. Si los materiales de sustitución debe ser utilizado, deben tener las mismas características de mezclado. Las pruebas realizadas con perlas de diferentes colores, pero por lo demás idéntico puede ser engañoso, y por lo que puede trazadores. La razón es que las propiedades de flujo de los materiales específicos que se mezclan en la planta puede no ser el mismo que estos materiales de demostración. Independientemente de cómo el contenido del mezclador parecen ser movido alrededor, las propiedades de los ingredientes lote real puede causar segregación u otros problemas.
4. Las diferencias en los materiales de construcción entre la unidad piloto y la unidad de producción debe ser considerado. Estos pueden tener relación con el apelmazamiento, la abrasión y los efectos electrostáticos.

2.1.3.17 Mezclado continuo.

Aunque lote de mezcla ha sido el método predominante de mezclar sólidos, se está estudiando la posibilidad de utilizar de mezclado continuo en muchas industrias. Hay dos tipos de operaciones de mezclado continuo. El primer tipo tiene un volumen holdup bajo y proporcionará a escala fina de la mezcla de las partículas a través de impacto y los elementos de cizallamiento, tales como se utilizan en máquinas de rectificado. Algunas máquinas de este tipo son el martillo, el impacto, jaula, y molinos de chorro. Es esencial que la alimentación a estas máquinas adecuadamente proporcionadas y premezclada para conseguir un producto uniforme.

El segundo tipo de mezclador continuo implica máquinas de alta holdup que contienen agitando y mecanismos de transporte. Estos reorganizar las partículas individuales y también desplazar grandes volúmenes de material y mover el lote a través de la máquina. Mezcladores de este tipo puede producir tanto la mezcla a escala fina y gruesa escala. El mezclador RibbonType se utiliza con frecuencia para la mezcla continua, aunque esto también se utiliza para el lote de mezcla.

La composición media de la corriente que abandona una mezcladora continua es la misma que la media de las corrientes que entran añadido. Las variaciones en las proporciones de las corrientes que entran serán amortiguadas por la acción de mezclado de un mezclador continuo. Estas variaciones efluente-corriente se hará más pequeño como el tiempo promedio de residencia de los sólidos y se aumenta la frecuencia de los aumentos de variaciones.

Algunos criterios generales se pueden utilizar para determinar si el flujo continuo será beneficioso.

El flujo continuo es digno de consideración si:

1. Una formulación única que se puede ejecutar durante un período prolongado.
2. Las fluctuaciones del producto saliente están dentro de los requisitos del proceso.
3. De medición suficientemente exacta de los ingredientes se puede lograr.
4. El resto de las órdenes del proceso de mezclado son continuos.

El flujo continuo es de dudoso beneficio si:

1. Los frecuentes cambios de las formulaciones se prevé.
2. Las fluctuaciones de la composición del producto será fuera del rango permitido.
3. Los ingredientes no se pueden medir con el nivel necesario de precisión.
4. Complejo ciclos de temperatura o de la presión están implicados.

A veces, un sistema de mezcla y dispersión se compone de una o más unidades de proceso por lotes que proporcionan una alimentación a una unidad de dispersión intensiva continua. Otra posibilidad sería una mezcladora por lotes y depósito de compensación que proporciona una alimentación continúa a una unidad de dispersión final. Varias combinaciones de este tipo con toma de muestras

apropiadas en los puntos apropiados pueden ser utilizadas cuando el flujo continuo sería beneficioso a condición de que ciertas características pudieran ser superadas.

2.2 PROCESO DE MEZCLADO

El mezclado es el proceso en el cual varios ingredientes se ponen en contacto, de tal forma que al final de la operación, se obtenga un sistema homogéneo a cierta escala (desde molecular hasta macroscópica). Según la escala del mezclado y la miscibilidad relativa de las sustancias en presencia, el resultado puede ser una solución, un coloide o una dispersión micro o macroscópica: emulsión, suspensión, espuma.

En el proceso de mezclado de sólidos se busca principalmente una distribución uniforme de los materiales, los equipos en el que se mezclan los materiales sólidos se pueden utilizar para una serie de operaciones.

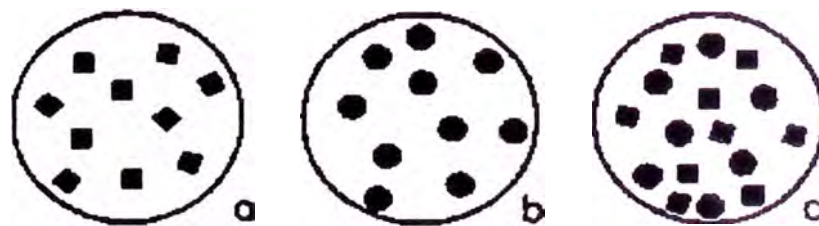


Figura 2.1. Esquema de mezclado de sólidos

Fuente: Handbook of Industrial Mixing: Science and Practice, Cap 15, Pág. 889

El objetivo principal de este proceso es la mezcla uniforme de los ingredientes, como, por ejemplo, en la preparación de piensos (alimentos para animales), fertilizantes insecticidas, los lotes de vidrio, alimentos envasados, y

cosméticos. Pero puede haber más objetivos como enfriar o calentar, tales como en el enfriamiento de la piedra caliza o el azúcar o el precalentamiento de plástico antes del calandrado.

A veces se desea el secado o tostado del producto. En algunas aplicaciones, tales como la polimerización de plásticos, fabricación catalizador, o la preparación de productos de cereales, la mezcla de sólidos se puede hacer reaccionar.

En algunos casos se desea producir recubrimientos, como la fabricación de pigmentos, colorantes, minerales, dulces y otros productos alimenticios y en la preparación de alimentos. En algunos de estos casos pequeñas cantidades de líquido puede añadirse, pero el producto final es una mezcla de sólidos. A veces se desea aglomerados, como la preparación de productos alimenticios, farmacéuticos, detergentes y fertilizantes. A menudo se desea reducir el tamaño de los sólidos mientras se mezclan estos.

En todos los casos se consigue el objetivo principal la mezcla de los sólidos. Sin embargo, los detalles de los equipos para conseguir otros objetivos diferentes al mezclado como los descritos anteriormente pueden convertirse en un problema importante. En este capítulo se explica sólo el proceso de mezclado de sólidos y el estudio de algunos equipos de mezclado de sólidos y sus características.

2.2.1 PROPIEDADES QUE AFECTAN A LA MEZCLA DE SÓLIDOS.

Las diferencias entre las propiedades tales como la distribución de tamaño de partícula, la densidad, la forma y características de la superficie (por ejemplo, carga electrostática) pueden hacer muy difícil mezcla. De hecho, las propiedades de los ingredientes dominan la operación de mezclado. Las características más comúnmente observados de sólidos son las siguientes:

2.2.1.1 Granulometría.

Se dice de la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

El tamaño de las partículas condiciona la relación entre las fuerzas de cohesión dependientes de la superficie de las partículas, y las fuerzas inerciales y gravitacionales que dependen de las masas de las mismas.

A menor tamaño de las partículas, las fuerzas de cohesión aumentan. Para obtener un grado óptimo de mezcla, las sustancias que se desean mezclar deben mostrar grados de movilidad similares. Si no la tienen, se favorece la segregación (desmezclado) de las sustancias de la mezcla.

Como consecuencia de todo lo dicho, para optimizar la operación de mezclado, deben utilizarse sustancias cuyo tamaño de partícula sea lo más parecido posible.

2.2.1.2 Densidad aparente.

Este es el peso por unidad de volumen de una cantidad de partículas sólidas, generalmente expresada en kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico). No es una constante y se puede disminuir mediante aireación y aumentado por la vibración mecánica o de embalaje.

La densidad aparente es una magnitud aplicada en materiales porosos como el suelo, los cuales forman cuerpos heterogéneos con intersticios de aire u otra sustancia normalmente más ligera, de forma que la densidad total del cuerpo es menor que la densidad del material poroso si se compactase.

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ap}}{V_{ap}} = \frac{m_r + m_{aire}}{V_r + V_{aire}} \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

ρ_{ap} : Densidad aparente.

m_{ap} : Masa aparente.

V_{ap} : Volumen aparente.

m_r : Masa real del material.

m_{aire} : Masa del aire atrapado dentro del material.

V_r : Volumen real del material.

V_{aire} : Volumen del aire atrapado dentro del material.

La densidad aparente de un material no es una propiedad intrínseca del material y depende de su compactación.

2.2.1.3 Densidad real.

La densidad real de un material está referida a la cantidad de masa contenido en un determinado volumen, generalmente se expresa en kilogramos por metro cúbico (Kg/m^3) o en libras por pie cúbico (lb/ft^3). Esto, dividida por la densidad del agua, es igual al peso específico.

Si los componentes de la mezcla poseen una densidad diferente, por acción de la gravedad se producirá una movilidad diferencial de las partículas que puede provocar la segregación de los componentes de la mezcla. Por ello, la diferencia de densidad de los componentes disminuye la estabilidad de la mezclas.

Sin embargo, la influencia de esta característica al proceso de mezclado es notablemente menor que la del tamaño de las partículas.

2.2.1.4 Forma y rugosidad de la partícula.

Algunos tipos son gránulos, formas de huevo, bloques, esferas, escamas, virutas, varillas, filamentos, cristales, o formas irregulares.

La principal influencia de la forma y rugosidad de las partículas en el proceso de mezcla se refiere a la capacidad para transmitir la energía cinética recibida de los órganos del mezclador o de otras partículas.

Algunos parámetros para medir estas características son:

a. La esfericidad. Índice de medida de la forma de una partícula y también de la desviación de esta forma de una esfera equivalente. En sentido estricto, este índice indica la relación entre la superficie de una esfera, que tiene el mismo volumen que el fragmento, y la superficie real del mismo. Para un sólido no esférico, esta relación es menor que la unidad. Sin embargo, puesto que es más fácil medir longitudes que superficies, se suele definir la esfericidad como la relación entre el diámetro de una esfera que tiene el mismo volumen que la partícula y el diámetro de una esfera que circunscribe la partícula. Esta nueva relación, proporciona también un valor menor que la unidad para los fragmentos no esféricos; cuanto más se acerque esta relación a la unidad, mayor será el índice de esfericidad.

$$Esfericidad = \left(\frac{\text{Superficie de una esfera}}{\text{Superficie de la partícula}} \right)_{\text{igual volumen}} \dots\dots\dots (2)$$

b. Dimensión fractal. En geometría de fractales, la dimensión fractal, D es un número real que generaliza el concepto de dimensión ordinaria para objetos geométricos que no admiten espacio tangente.

La dimensión fractal es un exponente que da cuenta de cuán completamente parece llenar un fractal el espacio conforme se amplía el primero hacia escalas más y más finas. No existe una única dimensión fractal sino una serie de dimensiones que frecuentemente resulta equivalentes pero no siempre. Entre estas definiciones está la dimensión de Hausdorff-Besicovitch, la dimensión de la dimensión de empaquetamiento, la

dimensión de homotecia y las dimensiones de Rényi. Ninguna de estas dimensiones debería ser tratada como universal, ya que a veces la discrepancia entre ellas está asociada a diferencias en la estructura interna del fractal. Aunque para un buen número de fractales clásicos los valores de las diferentes definiciones de dimensión fractal todas estas dimensiones coinciden, en general no son equivalentes.

2.2.1.5 Proporción de los componentes.

La homogeneidad en el mezclado es tanto más difícil de conseguir cuanto más diferentes son las cantidades de cada componente.

En la industria farmacéutica ocurre con frecuencia que el componente más importante (el fármaco) es el que se encuentra en menor proporción, lo cual agrava el problema, ya que es precisamente la concentración de este la más difícil de homogeneizar; para ello se recomienda proceder del siguiente modo: si llamamos x al peso en gramos del fármaco con otros x gramos formados por el resto de los componentes. A continuación se mezcla el polvo así obtenido con otro similar para obtener $4x$ gramos de mezcla. El proceso continúa hasta agotar la totalidad de las sustancias. De este modo se asegura un reparto más homogéneo del fármaco y, por lo tanto, una dosificación más exacta.

Otra posibilidad consiste en mezclar el fármaco en primer lugar con el excipiente con el que guarde mayor afinidad y, a continuación, añadirlos al resto de los componentes.

2.2.1.6 Formación de cargas eléctricas.

Ciertos materiales tienden a acumular cargas eléctricas. Si estas aparecen, se dificulta la obtención de una mezcla homogénea debido a la tendencia de las partículas a agruparse.

Este fenómeno puede eliminarse:

- a. Usando tensioactivos, que hacen que las superficies de las partículas se hagan más conductoras, facilitando la anulación de las cargas formadas.
- b. Aumentando el contenido de humedad de la mezcla.

2.2.1.7 Características de flujo.

Ángulo de reposo y fluidez son características medibles para los que las pruebas estándar están disponibles (por ejemplo, prueba de ASTM B213-48, velocidad de flujo de polvos metálicos, etc.) Un ángulo más pronunciado de reposo indicaría menos fluidez. El término "lubricidad" ha sido utilizado a veces para partículas sólidas que corresponden aproximadamente a la viscosidad de un fluido.

2.2.1.8 Friabilidad (Fragilidad).

Esta es la tendencia del material a romperse en tamaños más pequeños en el curso de la manipulación. Hay pruebas cuantitativas especialmente concebidas para ciertos materiales tales como carbón, que pueden ser usados para estimar esta propiedad. La abrasividad de un ingrediente a otro también debe ser considerada.

2.2.1.9 Estado de aglomeración.

Esto se refiere a si las partículas existen de forma independiente o se adhieran entre sí en racimos. El tipo y grado de la energía empleada durante la mezcla y la friabilidad de los aglomerados influirán en el grado de descomposición y dispersión de partículas de aglomerado.

2.2.1.10 La humedad o contenido de líquido de los sólidos.

Menudo una pequeña cantidad de líquido se añade para reducir el polvo o requisitos especiales (tales como aceites para cosméticos). El material resultante todavía puede tener la apariencia de un sólido seco en lugar de una pasta.

2.2.1.11 Densidad, viscosidad y tensión superficial.

Estas son propiedades que dependen de la temperatura de operación y de la adición de algún líquido.

2.2.1.12 Temperatura limitaciones de ingredientes.

Cualquier efecto inusual debido a los cambios de temperatura que pueden ocurrir (como el calor de reacción) debe tenerse en cuenta.

Una mirada a todas estas propiedades de los ingredientes a mezclar es un primer paso hacia la elección de los equipos de mezcla.

2.2.2 MEDICIÓN DE LA HOMOGENEIDAD

El resultado final teórico de la mezcla no será una disposición en la que un tipo de partícula esté verdaderamente al lado de un tipo diferente. Más bien, Cuando se dá un volteo al azar el final teórico será una mezcla aleatoria a lo largo de las líneas mostradas en la figura 2.2.

La variación entre muestras de gotas de tamaño conocido se puede predecir teóricamente para una mezcla al azar y se utiliza como una guía para determinar cómo de cerca mezcla aleatoria de los ingredientes se ha abordado.

Diversos tipos de análisis se pueden realizar en muestras puntuales para determinar la uniformidad de lote. Estos podrían incluir fluorescencia de rayos X, espectrometría de llama, polarografía, la espectroscopia de emisión, y así sucesivamente, dependiendo del tipo de polvo que se examina. Radio-técnicas de trazado también puede ser apropiada. Como muchas muestras puntuales como sea posible debe ser analizado.

Estos deben ser tomados al azar de diferentes lugares del lote.

El tamaño de la muestra es un punto importante y su evaluación se describe a continuación.

2.2.2.1 Evaluación

Las pruebas estadísticas se pueden utilizar para evaluar la homogeneidad relativa en función de las variaciones observadas en la composición de punto de la muestra.

Para una mezcla binaria simple tal como el mostrado en la figura 2.2, se puede demostrar que la varianza esperada entre las muestras que contienen partículas de cada n está dado por:

$$\sigma^2 = \frac{p(1-p)}{n} \dots\dots\dots (3)$$

Dónde:

p : Es la fracción global de negro (o blanco) partículas en la mezcla.

La variación observada de la muestra puede ser calculada utilizando:

$$S^2 = \frac{1}{m-1} \left[\sum_{i=1}^m p_i^2 - \frac{1}{m} (\sum_{i=1}^m p_i)^2 \right] \dots\dots\dots (4)$$

Dónde:

p_i : Es la fracción de negro (o blanco) en la muestra i -ésima

m : Es el número total de muestras tomadas.

Las desviaciones esperadas y observadas pueden compararse utilizando la estadística de prueba F que determina la probabilidad del ratio $F (S^2/\sigma^2)$ que se podría obtener a partir de una mezcla al azar, por pura casualidad.

El procedimiento puede ser fácilmente extendido a sistemas multicomponentes por aplicación de la prueba para cada componente en cada paso. En los sistemas reales, generalmente es conveniente tomar muestras de

volumen fijo o masa en lugar de número fijo de partículas. En tales casos, la varianza esperada puede ser calculada utilizando:

$$\sigma^2 = \frac{f_{ij}(1-f_{ij})w_j + f_{ij}^2(\bar{w} - w_{ij})}{M} \dots\dots\dots (5)$$

Dónde:

f_{ij} : Es la fracción de masa total de material de tamaño i composición j de la mezcla.

M : Es la masa de la muestra.

w_{ij} : Es la masa de una sola partícula de tamaño i composición j .

\bar{w} : Es la masa media de la partícula.

$$\bar{w} = \sum_i \sum_j f_{ij} w_{ij} \dots\dots\dots (6)$$

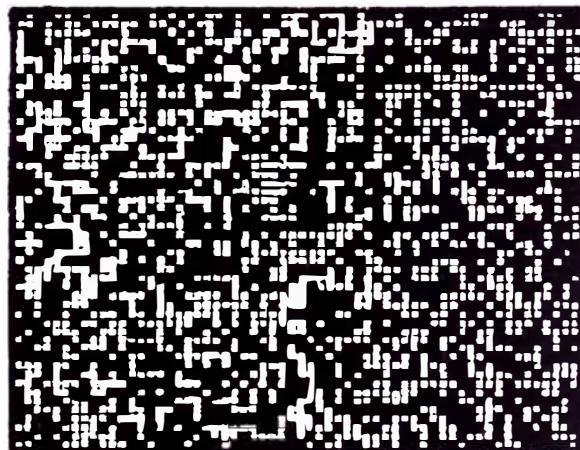


Figura 2.2. Disposición aleatoria de partículas en blanco y negro.
Fuente: Manual del ingeniero Químico, Robert H. Perry, Donw Green, 7ma Edición, Editorial Mc Graw Hill, Vol. III, cap. 19 Pág. 11

La prueba de homogeneidad se basa en la probabilidad de incluir diferentes tipos de partículas en una muestra. Para muestras grandes, que contiene muchas partículas, la varianza esperada dada por la ecuación (5) se vuelve extremadamente pequeña y con frecuencia son superadas por la varianza debida al error experimental (analítica). El método descrito anteriormente es, por lo tanto, apropiado sólo para evaluar la homogeneidad en una escala similar a la del tamaño de las partículas individuales. Si se necesita información a menos escala, es necesario el uso de muestras muy pequeñas, que no contengan más de algunos cientos de partículas de cada uno. Para los polvos muy finos, esto puede limitar seriamente la elección de las técnicas analíticas.

El uso de muestras muy pequeñas para evaluar a escala fina de homogeneidad a menudo tiende a ocultar las variaciones de largo alcance, pero bajas variaciones en composiciones pequeñas. El uso de muestras más grandes es apropiado para detectar y cuantificar estas variaciones. En tales casos, la varianza de la muestra se puede comparar, utilizando la prueba F , con una varianza experimental S_E^2 obtenido de pruebas replicadas del procedimiento analítico utilizado para determinar la composición de la muestra.

En general, se recomienda un procedimiento de dos niveles en el que muestras muy pequeñas se usan para evaluar microhomogeneidad en la escala de partícula individual y muestras más grandes se emplean para investigar la variabilidad mayor alcance. El tamaño de la muestra para la microhomogeneidad se evalúa a partir de muestras para los que σ^2 , según se calcula usando la ecuación (5), es sustancialmente menor que la *varianza* experimental (analítica) S_E^2 mientras que para la macrohomogeneidad se prueba con muestras con $\sigma^2 \gg S_E^2$.

Si el producto final deseado es satisfactorio también puede ser utilizado como un criterio práctico de la idoneidad de la mezcla de sólidos. Una consideración adicional es el efecto de la mezcla de sólidos en la economía global del proceso de fabricación. Estudios del tipo mencionado en el apartado anterior *puede* ser parte de dicha evaluación. Cuando la mezcla de sólidos se realiza directamente en un producto, como en el caso de gránulos de pienso o tabletas farmacéuticas, las pruebas de uniformidad en estos productos hablan por sí mismos. Si la mezcla de sólidos debe ser procesada después, como en la fabricación de vidrio o de plástico, la eficiencia y los costes de las operaciones posteriores a menudo puede estar relacionada con la mezcla inicial de sólidos. En tales casos, el conocimiento de la homogeneidad de la mezcla de sólidos se necesita para determinar su efecto sobre el proceso de fabricación.

Independientemente del método de evaluación de la mezcla de sólidos, el procedimiento de muestreo es de vital importancia. A menudo, un tomador de muestreo, u otro dispositivo especial, se utiliza para extraer muestras de la mezcla sin la perturbación excesiva de la mezcla. Si un método de muestreo fehaciente es más fácil y traerá una menor contaminación para el lote debe ser usado.

El método de muestreo, la ubicación, el tamaño y el número de muestras, el método de análisis de la muestra, y la fracción del lote retirado para el muestreo contribuyen a qué tan bien el análisis de muestreo refleje las condiciones reales.

2.2.3 LOS PROBLEMAS DE SEGREGACIÓN.

Anteriormente se señaló que las grandes diferencias entre las propiedades de los ingredientes puede hacer muy difícil la mezcla. Por ejemplo, las tendencias segregantes naturales se observa cuando existen grandes diferencias en la densidad, el tamaño o en la forma de las partículas. Las partículas más pesadas, más pequeñas o más blandas y redondeadas tienden a hundirse a través de las más ligeras, más grandes o irregulares, respectivamente. En algunos casos, la preparación de los materiales para evitar grandes diferencias en estas propiedades de los ingredientes pueden solucionar los problemas de segregación.

Hay también otros factores que pueden causar segregación.

Las cargas electrostáticas pueden hacer que las partículas se repelen entre sí. Un mezclado continuo puede causar una acumulación de dichas cargas, por ello es importante y necesario determinar el tiempo preciso de mezcla que se requiere.

La pérdida de material en forma de polvo debe ser considerado como un posible medio de segregación y no debe ser agravada por una succión demasiado fuerte del equipo extractor de polvo.

Si hay partículas grasosas que tienen un comportamiento casi pastoso y apenas fluye (alto ángulo de reposo), el anclaje por fricción de estos sobre las otras partículas en la mezcla puede ser necesario con el fin de lograr un buen mezclado.

Si un ingrediente está en forma de aglomerado, se deberá utilizar algún dispositivo para fraccionar estos aglomerados y así evitar la segregación del resto de la mezcla y para asegurar la dispersión íntima de este ingrediente en la mezcla.

El uso de un líquido tal como agua (posiblemente con un agente activo superficial) puede tener efectos notables para evitar la segregación, que puedan aparecer de un modo inevitable.

Aunque estas afirmaciones se aplican sólo a la operación de mezclado de sólidos, también deben tenerse en cuenta las etapas de procesamiento posteriores. Así, la operación de mezcla de sólidos debe ser evaluado desde el punto de vista de la entrega de un lote bien mezclado a un punto del proceso. El sistema debe ser examinado por los posibles puntos de segregación como puntos de transferencia, caídas de diferente nivel, flujo a través de recipientes y de equipos vibratorio.

Cuando se utilice un líquido, se debe determinar la cantidad que se puede añadir antes de entrar en problemas de apelmazamiento que pueden interferir en el procesamiento posterior de la mezcla de sólidos.

2.3 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO

En 1831 un líquido incoloro, el estireno, fue aislado por primera vez de una corteza de árbol. Hoy día se obtiene mayormente a partir del petróleo.

El poliestireno fue sintetizado por primera vez a nivel industrial en el año 1930. Hacia fines de la década del 50, la firma BASF (Alemania) por iniciativa del

Dr. F. Stastny, desarrolla e inicia la producción de un nuevo producto: poliestireno expandible, bajo la marca Styropor. Ese mismo año fue utilizado como aislante en una construcción dentro de la misma planta de BASF donde se realizó el descubrimiento. Al cabo de 45 años frente a escribanos y técnicos de distintos institutos europeos, se levantó parte de ese material, y se lo sometió a todas las pruebas y verificaciones posibles. La conclusión fue que el material después de 45 años de utilizado mantenía todas y cada una de sus propiedades intactas.

Su cualidad más destacada es su higiene al no constituir sustrato nutritivo para microorganismos. Es decir, no se pudre, no se enmohece ni se descompone lo que lo convierte en un material idóneo para la venta de productos frescos. En los supermercados, lo encontramos fácilmente en forma de bandeja en las secciones de heladería, pescadería, carnicería, frutas y verduras.

Otras características reseñables del poliestireno expandido (EPS) son su ligereza, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de los impactos. Esta última peculiaridad lo convierte en un excelente acondicionador de productos frágiles o delicados como electrodomésticos, componentes eléctricos, también se utiliza para la construcción de tablas de surf, normalmente utilizan poliuretano pero el poliestireno es más ligero lo cual conlleva a mayor flotabilidad y velocidad; pero es menos flexible, Los profesionales siguen utilizando tablas de poliuretano.

Otra de las aplicaciones del poliestireno expandido es la de aislante térmico y acústico en el sector de la construcción, utilizándose como tal en fachadas, cubiertas, suelos, etc. En este tipo de aplicaciones, el poliestireno expandido compite con la espuma rígida de poliuretano, la cual tiene también propiedades

aislantes. Para un correcto diseño se debe conocer las características físicas y químicas de este material.

a. Densidad

Los productos y artículos terminados en poliestireno expandido se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros aunque resistentes. En función de la aplicación las densidades se sitúan en el intervalo que va desde los 10kg/m^3 hasta los 35kg/m^3 .

b. Color

El color natural de poliestireno expandido es blanco, esto se debe a la refracción de la luz.



Figura 2.3. Poliestireno expandido
Fuente: Imágenes google

c. Resistencia mecánica

La resistencia a los esfuerzos mecánicos de los productos de EPS se evalúa generalmente a través de las siguientes propiedades:

- Resistencia a la compresión para una deformación del 10%.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia a la tracción.
- Resistencia a la cizalladura o esfuerzo cortante.

La densidad del material guarda una estrecha correlación con las propiedades de resistencia mecánica. El gráfico reflejado a continuación muestra los valores alcanzados sobre estas propiedades en función de la densidad aparente de los materiales de EPS.

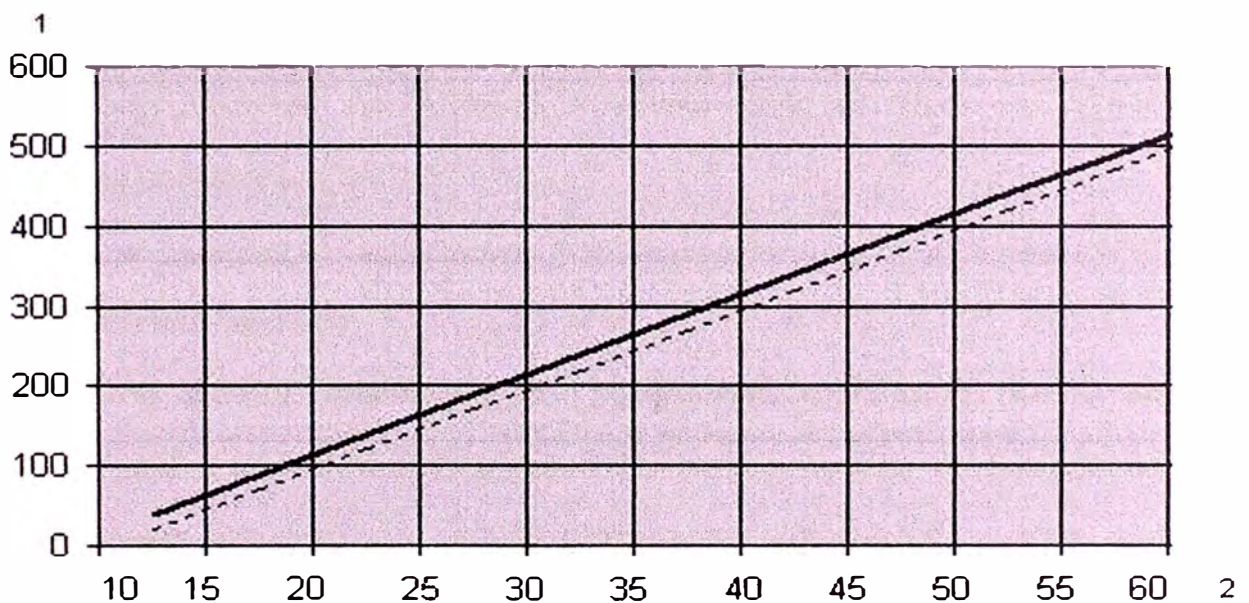


Gráfico 2.1. Tensión de compresión s_{10} [kPa] vs densidad aparente [kg/m³]
Fuente: (UNE-EN-826)

Esta propiedad se requiere en los productos de EPS sometidos a carga, como suelos, cubiertas, aislamiento perimetral de muros, etc. En la práctica la deformación del EPS en estas aplicaciones sometidas a carga es muy inferior al 10%.

La tensión de compresión al 10% de deformación se escogió para obtener repetitividad en los resultados. El método de ensayo para el 10% de deformación no es más que un ensayo de laboratorio necesario para asegurar la calidad de la producción y no tiene nada que ver con las cargas prácticas.

Por otro lado la relación entre los resultados de ensayo de tensión de compresión al 10% de deformación y el comportamiento a compresión a largo plazo es bien conocida.

Los productos de EPS tienen una deformación por fluencia de compresión del 2% o menos, después de 50 años, mientras estén sometidos a una tensión permanente de compresión de 0,30 s10.

d. Aislamiento térmico

Los productos y materiales de poliestireno expandido presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico. De hecho muchas de sus aplicaciones están directamente relacionadas con esta propiedad: por ejemplo cuando se utiliza como material aislante de los diferentes cerramientos de los edificios o en el campo del envase y embalaje de alimentos frescos y perecedores como por ejemplo las cajas de pescado.

Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno), siendo el aire en reposo es un excelente aislante térmico.

La capacidad de aislamiento térmico de un material está definida por su coeficiente de conductividad térmica que en caso de los productos de EPS varía, al igual que las propiedades mecánicas, con la densidad aparente.

e. Comportamiento frente al agua y vapor de agua

El poliestireno expandido no es higroscópico, a diferencia de lo que sucede con otros materiales del sector del aislamiento y embalaje. Incluso sumergiendo el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre 1% y el 3% en volumen (ensayo por inmersión después de 28 días).

Al contrario de lo que sucede con el agua en estado líquido el vapor de agua sí puede difundirse en el interior de la estructura celular del EPS cuando entre lados de material se establece un gradiente de presiones y temperaturas.

f. Estabilidad dimensional

Los productos de EPS, como todos los materiales, están sometidos a variaciones dimensionales debidas a la influencia térmica. Estas variaciones se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica que, para los productos de EPS, es independiente de la densidad y se sitúa en los valores que oscilan en el intervalo de 0,05 y 0,07mm por metro de longitud y grado Kelvin.

A modo de ejemplo una plancha de aislamiento térmico de poliestireno expandido de 2 metros de longitud y sometida a un salto térmico de 20°C experimentará una variación en su longitud de 2 a 2,8 mm.

g. Estabilidad frente a la temperatura

Además de los fenómenos de cambios dimensionales por efecto de la variación de temperatura descritos anteriormente el poliestireno expandido puede sufrir variaciones o alteraciones por efecto de la acción térmica.

El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las variaciones dimensionales por contracción). Con respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100°C para acciones de corta duración, y alrededor de los 80°C para acciones continuadas y con el material sometido a una carga de 20 kPa.

h. Comportamiento frente a factores atmosféricos.

La radiación ultravioleta es prácticamente es el único factor que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS se torna amarillenta y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla.

Dichos efectos pueden evitarse con medidas sencillas, en las aplicaciones de construcción con pinturas, revestimientos y recubrimientos.

i. Toxicidad

Aunque la combustión del EPS produce humo negro, la toxicidad de los humos liberados es considerablemente menor que aquellos liberados por otros materiales de uso común tales como madera, lana, seda, algodón.

Los humos de EPS presentan un nivel de toxicidad inferior al de los humos procedentes de los productos naturales. Esto es debido a la extremada baja densidad y ligereza del EPS (98% de aire).

Los gases más significantes que emite el EPS es el monóxido de carbono y estireno monómero

2.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS A CONSIDERARSE PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLADORA

2.4.1 POTENCIA

La potencia necesaria tiene estrecha relación con el material que va a ser mezclado y el tamaño del sistema.

Mientras más grande sea el material y/o más grande el sistema, la potencia requerida será mayor.

2.4.2 CÁRGAS MECÁNICAS

Las cargas mecánicas son la base del diseño, ya que, en base a ellas encontraremos el tamaño y la forma de los diferentes elementos del sistema. Estos elementos del sistema. Estos elementos son los encargados de transmitir las fuerzas, las cuales, deben ser lo más bajas posibles para tener elementos de menor dimensionamiento y de materiales más livianos y económicos.

2.4.3 MATERIALES

Generalmente se diseñan en base a la resistencia del material. Los materiales influyen en la forma del diseño y su selección debe realizarse considerando todas sus propiedades mecánicas.

2.4.4 TAMAÑO Y PESO

El sistema debe tener un tamaño que permita el buen funcionamiento de sus componentes y la realización de sus diferentes procesos.

El tamaño y peso son parámetros que deben establecer en el diseño de acuerdo a las condiciones del sistema.

2.4.5 MATERIALES COMERCIALES

El sistema debe estar construido con materiales que se puedan obtener en el mercado nacional, con partes fundidas y/o mecanizadas de fácil fabricación.

Además existen partes prediseñadas estandarizadas que se pueden seleccionar en base de catálogos tales como rodamientos, reductores, pernos, etc., y que también puedan ser adquiridas fácilmente en el mercado.

2.4.6 VIDA ÚTIL DE SERVICIO

La vida útil de servicio es un parámetro que se ve afectado por varios factores tales como:

- Las condiciones mecánicas.
- Cambios de los esfuerzos de trabajo en sus partes.
- Corrosión.
- Abrasión

- Falta de mantenimiento.

2.4.7 MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

El diseño y construcción de este sistema debe permitir un fácil mantenimiento y reparación, principalmente de partes que están en constante movimiento para evitar así su desgaste prematuro y mantener la vida útil de servicio de la máquina.

2.4.8 COSTO

El costo inicial de todo sistema se relaciona con la vida útil de servicio útil, así como también con el flujo escogido, es decir, que si a una máquina se le prolonga su vida útil, su costo inicial se distribuirá por un mayor número de años. Así pues, es importante ajustar la calidad de los diseños a la duración que se espera.

CAPITULO III

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La necesidad de diseñar una mezcladora de poliestireno surge con la necesidad de la empresa PAMOLSA para ampliar su producción y a su vez para reducir la merma producida en su proceso de producción, por el corte en el proceso de termo conformado, por tal motivo incorporó un proceso de recuperación de la merma, el cual consistía en un molino, un ciclón y una mezcladora de poliestireno recuperado (merma) con poliestireno virgen, para devolver la merma al proceso productivo.

Es ahí donde la empresa PAMOLSA contrató a YRS Asociados para realizar el diseño y construcción de la mezcladora el cual tendría que tener las características definidas de salubridad y de capacidad requerida para el proceso.

Entonces la primera necesidad que surge es poder hallar la producción requerida para la mezcladora a diseñar, el lugar donde se ha destinado su montaje dentro de la planta y las características específicas que requiera el cliente.

El problema está en la obtención de una mezcladora en el proceso de recuperación de la merma.

3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Cómo ya identificamos el problema en el punto 3.1 el cual era la obtención de una mezcladora, tenemos que hacer el planteamiento del problema, de qué manera nos enfocaremos para el desarrollo del problema, si el problema es la mezcladora de poliestireno, entonces podremos tomar modelos ya establecidos y acoplarlos a nuestra necesidad, comprar una mezcladora con características similares al requerimiento del cliente en el mercado, hacer un estudio exhaustivo de todas las variables que involucran el proceso de mezclado y hacer un estudio de esfuerzo de cada elemento, o tal vez no hacer nada y realizar la mezcla en forma manual.

En este informe nos avocaremos a realizar el diseño de la mezcladora, con los datos dados por el cliente, y algunos datos deseados, hallaremos la forma, medidas y material que requerirá nuestra mezcladora.

Para poder desarrollar este punto debemos de formularnos la siguiente pregunta:

¿Cómo diseñamos la mezcladora?

En el capítulo IV nos avocaremos a desarrollar y solucionar esa pregunta.

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA MEZCLADORA VERTICAL

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Para diseñar o proyectar bien un mezclador hay que tener en cuenta no solo el elemento mezclador sino también la forma del recipiente. Un elemento mezclador muy bueno puede resultar inútil en un recipiente inadecuado. Además, no debe perderse de vista el resultado exacto que se quiere alcanzar, de modo que pueda obtenerse una mezcla ampliamente suficiente para conseguir dicho resultado con un coeficiente de seguridad bastante grande.

Puesto que generalmente la mezcla es una parte fundamental de un proceso, es importante garantizar un correcto mezclado. Un mezclador bien diseñado puede evitar un embotellamiento en la fabricación.

El número de dispositivos utilizados para mezclar materiales es muy grande, y muchos de ellos no se distinguen por su perfección. Para que la tecnología de la mezcla pueda avanzar mucho será necesario tomar en consideración muchos modelos fundamentales como base de nuestros estudios y conocimientos.

4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Para el diseño de la mezcladora de poliestireno expandido recuperado con el poliestireno nuevo, es necesario considerar los siguientes parámetros y requerimientos:

- Tanque de mezclado cónico de material inoxidable ya que se requiere mezclar componentes que estarán en contacto con alimentos.
- Dimensiones del tanque aproximadas de $\phi \approx 1.4\text{m}$, $H \approx 1.5\text{m}$ (Para que sea cómodo la adición del material a mezclar)
- Sistema de mezclado con una helicoidal (Tornillo sinfín).
- Un solo eje de agitación.
- Motor eléctrico para impulsar el eje.
- Material del agitador: acero inoxidable.
- Estructura metálica base del motor eléctrico.
- Diseño que permita una fácil adición del material a mezclar.
- Diseño simple que facilite la construcción y el montaje de los elementos.
- Diseño que permita un fácil mantenimiento.

4.3 ESPECIFICACIONES DE LA MEZCLADORA VERTICAL

Tabla 4.1 Especificaciones de la mezcladora industrial

Mezcladora vertical para el mezclado del poliestireno nuevo y recuperado			
ESPECIFICACIONES			
Concepto	Propone	R/D	Descripción
Función	C+I	R	Obtener una mezcla aceptable para el proceso.
	C+I	R	Facilidad de evacuación de la mezcla hacia el posterior proceso de pre-expansión.
Dimensiones	C	R	Capacidad del tanque de mezclado de 1000 Kg/h.
	I	D	Un solo eje con helicoidal.
	I	D	Tanque de mezclado cónico.
	C+I	R	Dimensiones del tanque aproximadas de $\phi \approx 1.4\text{m}$, $H \approx 1.5\text{m}$.
Movimientos	I	D	Movimiento rotatorio del mezclador.
Energía	C+I	R	Motor eléctrico.
Materiales	C+I	R	Tanque de mezclado cónico de material inoxidable
	I	R	Eje y helicoidal de acero inoxidable
Montaje	C+I	R	De fácil montaje
Seguridad y ergonomía	C	R	Altura del tanque no muy elevada para poder agregar los ingredientes cómodamente
	C	D	Buen aspecto
	C+I	R	Alta confiabilidad

Fuente: Propia

Propone: C=Cliente; I=Ingeniería

R/D: R=Requerimiento; D=Deseo

4.4 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Se realiza el estudio de las alternativas dividiendo a la mezcladora en varios subsistemas.

Los subsistemas considerados son:

- Tipo y forma del mezclador.
- Sistema de mezclador.
- Sistema de transmisión.
- Bastidor

4.4.1 SISTEMA DE TIPO Y FORMA DEL MEZCLADOR

Aunque existen diferentes tipos de mezcladores se ha determinado que estas dos alternativas se adecuarían mejor a nuestra necesidad:

Alternativa A: Mezclador horizontal con cuerpo cilíndrico.

Alternativa B: Mezclador vertical con cuerpo cónico.

4.4.1.1 Ventajas y desventajas de las alternativas

➤ Alternativa A

Se selecciona un mezclador horizontal con cuerpo cilíndrico, estos mezcladores mueven al material en un plano horizontal y giratorio. Estas pueden ser de cintas simples o dobles, de uno o dos tornillos sinfín o de paletas.

En el caso del mezclador de tornillo éste mueve el ingrediente hacia un extremo, a través de un tornillo sinfín. Cuando presenta dos tornillos generalmente giran a velocidades diferentes, proporcionando un flujo contracorriente.

Estos mezcladores tienen por característica fundamental una mezcla homogénea, la misma que se realiza en un tiempo corto 4-5 min.

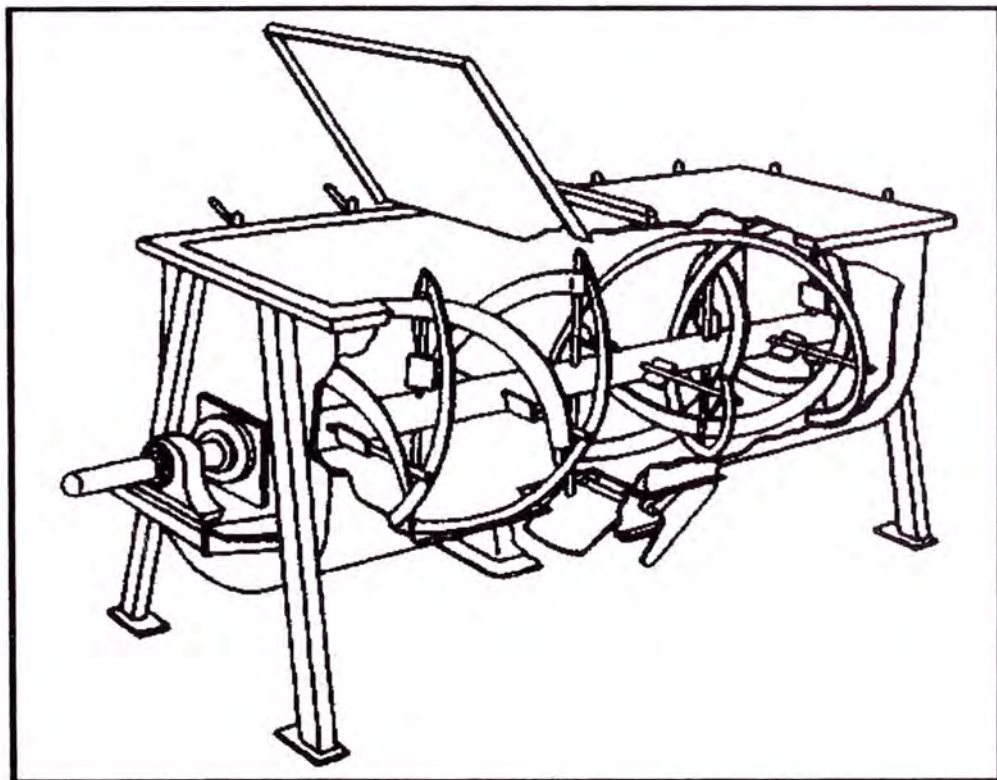


Figura 4.1. Mezclador horizontal.

Fuente: Manual del ingeniero Químico, Robert H. Perry, Donw Green, 7ma Edición, Editorial Mc Graw Hill, Vol. III, cap. 19 Pág. 13

Ventajas:

- Menor tiempo de mezclado.
- Alta inclusión de líquidos (No aplica para nuestra necesidad).
- Alta capacidad.

Desventajas:

- Alto costo de fabricación.
- Mayor espacio físico.
- Necesidad de alta potencia.

➤ **Alternativa B**

Se selecciona un mezclador vertical de cuerpo cónico, este tipo de mezcladores incluyen uno o dos tornillos helicoidales verticales giratorios situados en un recipiente cilíndrico cónico, que pueden ser estacionarios o rotatorios, los cuales mueven hacia arriba los ingredientes realizando el proceso de mezclado, luego caen por la conicidad del recipiente facilitando el mezclado.

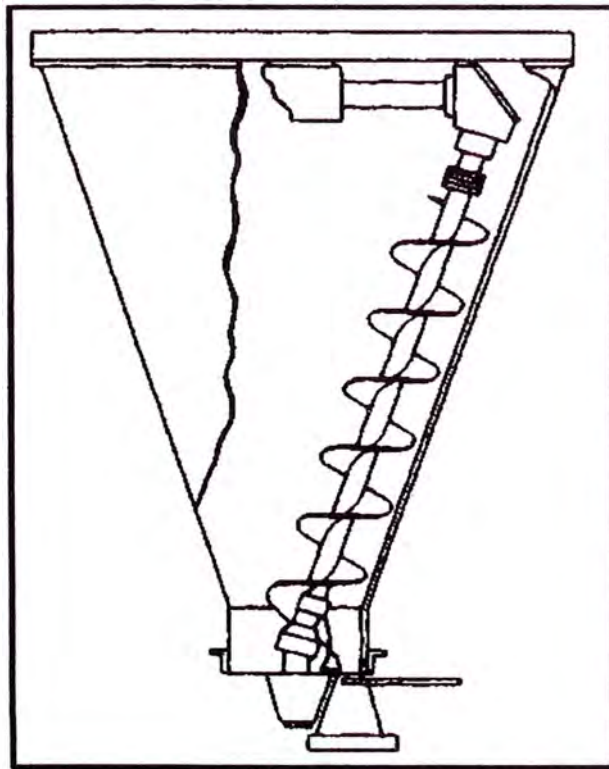


Figura 4.2. Mezclador vertical.

Fuente: Manual del ingeniero Químico, Robert H. Perry, Donw Green, 7ma Edición, Editorial Mc Graw Hill, Vol. III, cap. 19 Pág. 13

El tornillo puede estar fijo en el centro del depósito o puede girar y hacer órbitas alrededor del eje central, pasando cerca a las paredes del tanque. Es más lenta que el mezclador horizontal y requiere una distancia vertical considerable.

Ventajas:

- Baja inversión inicial.
- Costo de mantenimiento bajo.
- Menor requerimiento de espacio.

Desventajas:

- Mayor tiempo de mezclado
- Inclusión limitada de líquidos (No aplica para nuestra necesidad)
- Mayor requerimiento de limpieza.

4.4.1.2 Selección de la alternativa para el tipo y forma del mezclador

Para la evaluación de las alternativas se utiliza el método ordinal corregido de criterios específicos.

Los criterios de valoración que se consideran más determinantes son:

- a) Facilidad de diseño, construcción y montaje.
- b) Alta fiabilidad.
- c) Peso.
- d) Costo.

4.4.1.2.1 Evaluación del peso específico de cada criterio

En la tabla 4.2 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.2 Evaluación del peso específico de cada criterio para el tipo y forma del tanque

Criterio	a	b	c	d	$\Sigma+1$	Ponderación
a		0	0.5	0.5	2	0.2
b	1		0.5	0.5	3	0.3
c	0.5	0.5		0.5	2.5	0.25
d	0.5	0.5	0.5		2.5	0.25
				Suma	10	1

Fuente: Propia

4.4.1.2.2 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de diseño, construcción y montaje

En la tabla 4.3 se muestra la evaluación del peso específico de este criterio.

Tabla 4.3 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de diseño, construcción y montaje para el tipo y forma del tanque

Criterio	A	B	$\Sigma+1$	Ponderación
A		1	2	0.67
B	0		1	0.33
		Suma	3	1

Fuente: Propia

4.4.1.2.3 Evaluación del peso específico del criterio alta fiabilidad

En la tabla 4.4 se muestra la evaluación del peso específico de este criterio.

Tabla 4.4 Evaluación del peso específico del criterio alta fiabilidad para tipo y forma del tanque

Criterio	A	B	$\Sigma+1$	Ponderación
A		0.5	1.5	0.5
B	0.5		1.5	0.5
		Suma	3	1

Fuente: Propia

4.4.1.2.4 Evaluación del peso específico del criterio peso

En la tabla 4.5 se muestra la evaluación del peso específico de este criterio.

Tabla 4.5 Evaluación del peso específico del criterio peso para el tipo y forma del tanque

Criterio	A	B	$\Sigma+1$	Ponderación
A		0	1	0.33
B	1		2	0.67
		Suma	3	1

Fuente: Propia

4.4.1.2.5 Evaluación del peso específico del criterio costo

En la tabla 4.6 se muestra la evaluación del peso específico de este criterio.

Tabla 4.6 Evaluación del peso específico del criterio costo para el tipo y forma del tanque

Criterio	A	B	$\Sigma+1$	Ponderación
A		0	1	0.33
B	1		2	0.67
		Suma	3	1

Fuente: Propia

4.4.1.2.6 Tabla de conclusiones

En la tabla 4.7 se muestra las conclusiones para el tipo y forma del mezclador.

Tabla 4.7 Tabla de conclusiones de la selección de alternativas del tipo y forma del mezclador

	a	b	c	d	Σ	Prioridad
A	0.134	0.15	0.0825	0.0825	0.449	2
B	0.066	0.15	0.1675	0.1675	0.551	1

Fuente: Propia

4.4.2 SISTEMA DE MEZCLADOR

Aunque existen diferentes tipos de mezcladores se ha determinado que estas dos alternativas se adecuarían mejor a nuestra necesidad:

Alternativa A: Paletas en un eje vertical giratorio.

Alternativa B: Tornillo helicoidal vertical giratorio rotatorio.

Alternativa C: Tornillo helicoidal vertical giratorio estacionario.

4.4.2.1 Ventajas y desventajas de las alternativas

➤ **Alternativa A**

Se selecciona un mezclador de paletas en un eje vertical giratorio, estos consisten en varias paletas contorneadas de manera que se adapten perfectamente a la forma del recipiente, lo cual le da la apariencia de ancla o herradura. Su característica principal es que trabajan a muy poca velocidad cuando se requiere un bajo nivel de turbulencia en un fluido viscoso.

Su rendimiento es muy pequeño pero están muy indicados cuando se desea evitar el depósito de partículas sólidas sobre las paredes del recipiente.

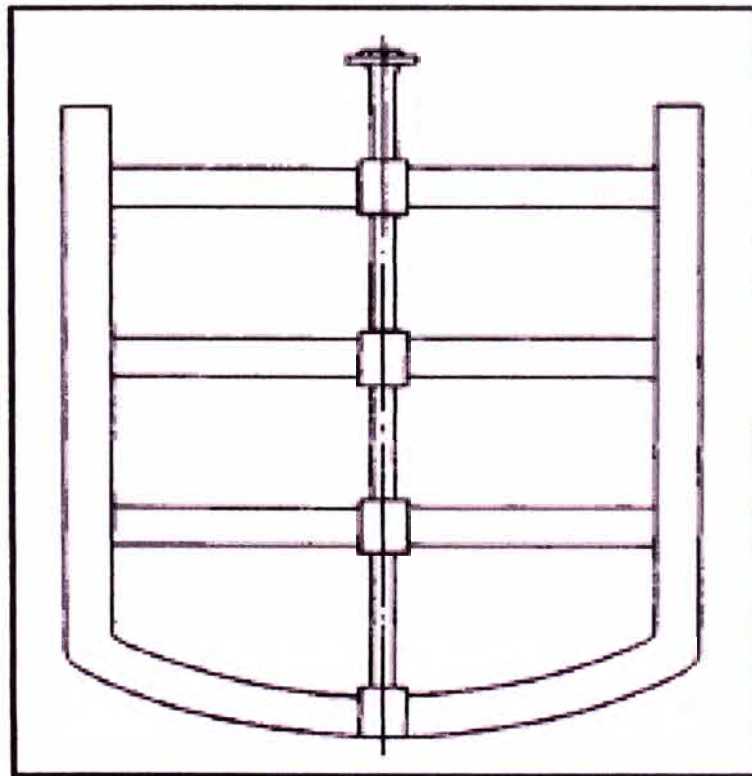


Figura 4.3. Mezclador de paletas

Fuente: PERRY R.; Manual del Ingeniero Químico; Mc Graw Hill; Séptima Edición; España; 2001; p. 18-10

El flujo es principalmente circular o helicoidal en la dirección de rotación del ancla.

En la figura 4.3 puede verse un mezclador de paletas.

Ventajas:

- Se produce la formación de flujo turbulento que facilita la mezcla en ingredientes líquidos. (No aplica para nuestra necesidad)
- Se puede trabajar con velocidades bajas para fluidos viscosos.
- Se evita el depósito de partículas sólidas sobre las paredes del recipiente.

Desventajas:

- Rendimiento muy bajo.
- Se usa principalmente para líquidos o materiales viscosos.
- Se requiere mucha potencia y paletas de espesores altos para evitar las deflexiones.

➤ **Alternativa B**

Se selecciona el mezclador de tornillo helicoidal vertical giratorio rotatorio en la figura 4.2 se muestra un esquema de este tipo de mezclador.

Este mezclador hace órbitas alrededor del eje central, pasando cerca a las paredes del tanque. Este mezclador se utiliza para materiales muy viscosos

Ventajas:

- Diseño muy compacto.
- Bajo costo.
- Facilidad de maniobrabilidad.
- Buen mezclado

Desventajas:

- Mayor tiempo de mezclado.
- Menos efectivo con presencia de líquidos (No aplica para nuestra necesidad).
- Mayor potencia.
- Mayor costo de fabricación.
- Mayor costo por mantenimiento (más parte móviles).
- Necesidad de un buen sellado en la parte inferior para evitar la fuga.

➤ Alternativa C

Se selecciona el mezclador de tornillo helicoidal vertical giratorio estacionario, este mezclador proporciona un medio poco costoso, sencillo y compacto, para mezclar materiales en un gran número de casos. Su acción mezcladora se deriva de que sus aletas helicoidales al girar empujan constantemente hacia arriba. Realiza la mezcla de varios productos en polvo entre sí o granulares. Por su construcción y su sistema de funcionamiento estas máquinas tienen varias ventajas sobre otro tipo de mezcladoras, por tener una rapidez de maniobra, obteniéndose un perfecto mezclado final.

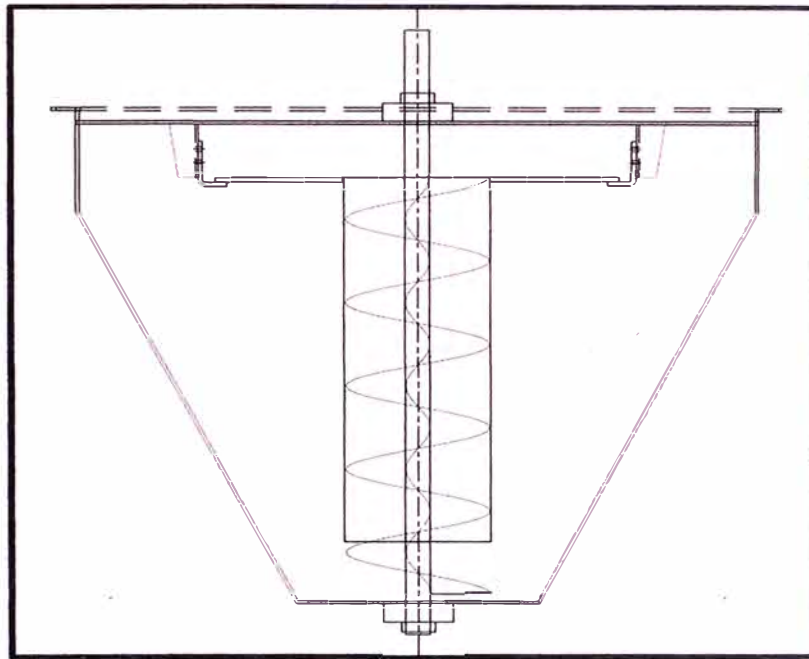


Figura 4.4. Mezclador vertical con helicoidal vertical giratorio estacionario
Fuente: Propia

Ventajas:

- Diseño muy compacto.
- Bajo costo de fabricación.
- Facilidad de maniobrabilidad.
- Amplia gama de materiales para su mezclado.
- Poca potencia.
- Menos costo de mantenimiento.

Desventajas:

- Mayor tiempo de mezclado.
- Menos efectivo con presencia de líquidos. (No aplica para nuestra necesidad)
- Necesidad de un buen sellado en la parte inferior para evitar la fuga.

4.4.2.2 Selección de la alternativa para el sistema del mezclador

Para la evaluación de las alternativas se utiliza el método ordinal corregido de criterios específicos.

Los criterios de valoración que se consideran más determinantes son:

- a) Facilidad de diseño, construcción y montaje.
- b) Alta fiabilidad.
- c) Disponibilidad.
- d) Costo.

4.4.2.2.1 Evaluación del peso específico de cada criterio

En la tabla 4.8 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.8 Evaluación del peso específico de cada criterio para el sistema de mezclador

Criterio	a	b	c	d	$\Sigma + 1$	Ponderación
a		0	0	0.5	1.5	0.15
b	1		1	1	4	0.4
c	1	0		1	3	0.3
d	0.5	0	0		1.5	0.15
				Suma	10	1

Fuente: Propia

4.4.2.2.2 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de diseño, construcción y montaje

En la tabla 4.9 se muestra la evaluación del peso específico de este criterio.

Tabla 4.9 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de diseño, construcción y montaje para el sistema de mezclador

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		1	1	3	0.5
B	0		1	2	0.33
C	0	0		1	0.17
		Suma		6	1

Fuente: Propia

4.4.2.2.3 Evaluación del peso específico del criterio alta fiabilidad

En la tabla 3.10 se muestra la evaluación del peso específico de este criterio.

Tabla 4.10 Evaluación del peso específico del criterio alta fiabilidad para el sistema de mezclador

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		0	0	1	0.17
B	1		0	2	0.33
C	1	1		3	0.5
		Suma		6	1

Fuente: Propia

4.4.2.2.4 Evaluación del peso específico del criterio disponibilidad

En la tabla 4.11 se muestra la evaluación del peso específico de este criterio.

Tabla 4.11 Evaluación del peso específico del criterio disponibilidad para el sistema de mezclador

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		1	1	3	0.5
B	0		0	1	0.17
C	0	1		2	0.33
		Suma		6	1

Fuente: Propia

4.4.2.2.5 Evaluación del peso específico del criterio costo

En la tabla 4.12 se muestra la evaluación del peso específico de este criterio.

Tabla 4.12 Evaluación del peso específico del criterio costo para el sistema de mezclador

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		1	1	3	0.5
B	0		0	1	0.17
C	0	1		2	0.33
		Suma		6	1

Fuente: Propia

4.4.2.2.6 Tabla de conclusiones

En la tabla 4.13 se muestra las conclusiones para el tipo y forma del mezclador.

Tabla 4.13 Tabla de conclusiones de la selección de alternativas del sistema de mezclador

	a	b	c	d	Σ	Prioridad
A	0.075	0.0255	0.075	0.075	0.2505	3
B	0.132	0.132	0.068	0.068	0.4	2
C	0.0255	0.2	0.132	0.132	0.4895	1

Fuente: Propia

4.4.3 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Alternativa A: Transmisión directa.

Alternativa B: Transmisión con reductor de velocidad seleccionado.

Alternativa C: Transmisión con reductor de velocidad de bandas y poleas planas.

4.4.3.1 Ventajas y desventajas de las alternativas

➤ Alternativa A

Se selecciona un motor eléctrico que proporcione la potencia y velocidad requeridas.

El eje del agitador se conecta directamente al eje del motor eléctrico que se dispone verticalmente. En la figura 4.5 se muestra un esquema de esta alternativa.

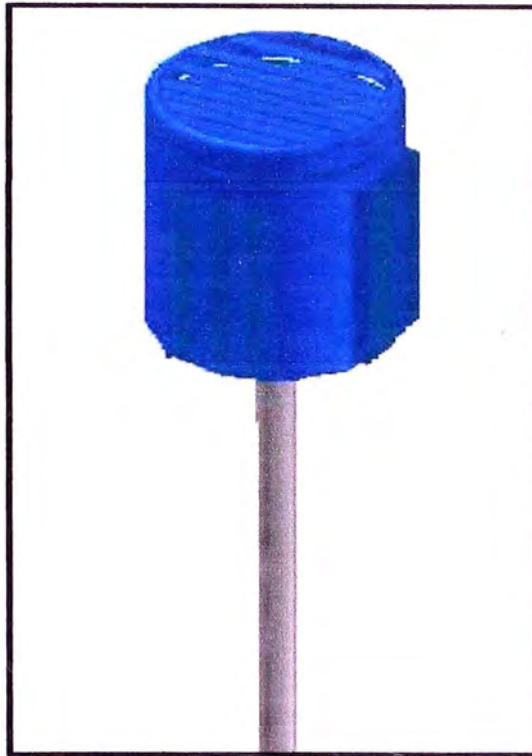


Figura 4.5. Mezclador vertical con helicoidal vertical giratorio estacionario
Fuente: Propia

Ventajas:

- Facilidad de diseño.
- Facilidad de montaje.
- Bajo costo

Desventajas:

- Dificultad para encontrar un motor eléctrico que brinde la potencia necesaria y que proporcione velocidades medias (50 a 100 RPM) para el funcionamiento de la helicoidal.
- Al colocar el motor eléctrico en posición vertical se incrementa la altura de la máquina

➤ **Alternativa B**

Se selecciona un reductor de velocidad, de acuerdo con la velocidad y potencia proporcionadas en el eje del motor eléctrico seleccionado y con la velocidad requerida por el agitador. Se acopla el reductor de velocidad al motor, y a su vez, el eje del agitador al reductor de velocidad. En la figura 4.6 se muestra un esquema de esta alternativa.

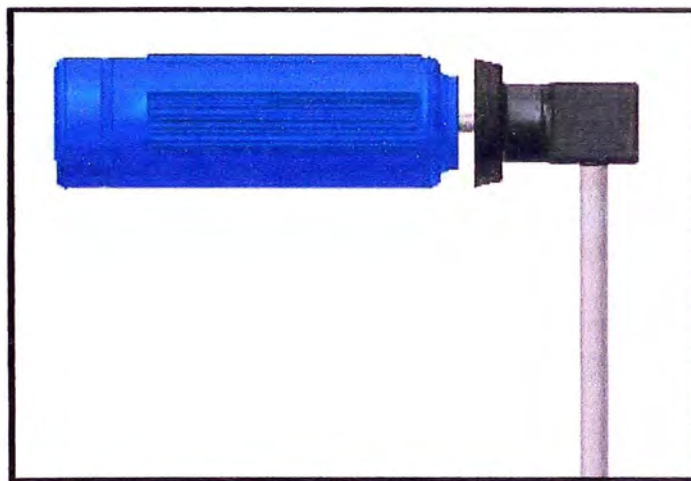


Figura 4.6. Mezclador vertical con helicoidal vertical giratorio estacionario
Fuente: Propia

Ventajas:

- Facilidad de diseño.
- Facilidad de montaje.
- Facilidad para obtener la velocidad requerida para el funcionamiento del impulsor helicoidal.
- Se puede disminuir la altura de la máquina al utilizar un reductor de velocidad que cambie el plano del movimiento rotatorio de vertical a horizontal.

Desventajas:

- Costo del reductor.
- Al utilizar un diseño adoptivo, existe la dificultad de encontrar un reductor de velocidad que satisfaga las necesidades que existen en cuanto a velocidad y potencia.

➤ **Alternativa C**

Se diseña y construye un sistema de transmisión y reducción de velocidad de bandas y poleas planas, de acuerdo con la velocidad proporcionada por el eje del motor eléctrico seleccionado y con la velocidad requerida en el eje del agitador. Se acopla el reductor de velocidad de bandas y poleas planas al motor y luego el eje del agitador a dicho reductor. En la figura 4.7 se muestra un esquema de esta alternativa.

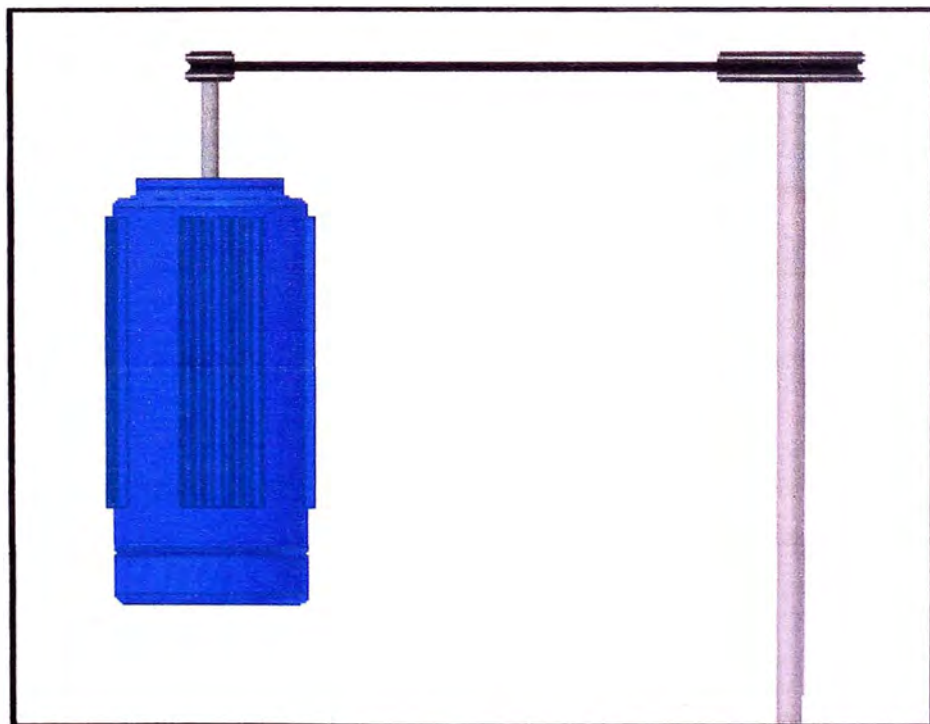


Figura 4.7. Mezclador vertical con helicoidal vertical giratorio estacionario
Fuente: Propia

Ventajas:

- La construcción del reductor de velocidad de bandas y poleas planas resulta ser más económico que la adquisición del reductor de velocidad seleccionado.
- Posibilidad de diseñar el sistema con mayores distancias entre centros.
- Al diseñar el sistema, es posible obtener la relación de transmisión necesaria para obtener la velocidad requerida del eje del agitador.

Desventajas:

- Al ser las bandas planas elementos flexibles, que pueden deslizar sobre las poleas, no es posible obtener una velocidad constante en el eje del agitador.
- Dificultad de montaje, ya que se requiere que la distancia entre centros sea variable para poder tensar las bandas.
- Es necesario diseñar y construir el sistema.
- Este sistema resulta ser más costoso que el de transmisión directa.

4.4.3.2 Selección de la alternativa para el Sistema de Transmisión

Para la evaluación de las alternativas se utiliza el método ordinal corregido de criterios específicos.

Los criterios de valoración que se consideran más determinantes son:

- a) Facilidad de diseño, construcción y montaje.
- b) Alta fiabilidad.
- c) Disponibilidad.
- d) Costo.

4.4.3.2.1 Evaluación del peso específico de cada criterio

En la tabla 4.14 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.14 Evaluación del peso específico de cada criterio para el sistema de transmisión

Criterio	a	b	c	d	$\Sigma + 1$	Ponderación
a		0	0.5	0.5	2	0.2
b	1		0.5	1	3.5	0.35
c	0.5	0.5		0.5	2.5	0.25
d	0.5	0	0.5		2	0.2
				Suma	10	1

Fuente: Propia

4.4.3.2.2 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de diseño, construcción y montaje

En la tabla 4.15 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.15 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de diseño, construcción y montaje para el sistema de transmisión

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		0.5	1	2.5	0.42
B	0.5		1	2.5	0.42
C	0	0		1	0.17
			Suma	6	1

Fuente: Propia

4.4.3.2.3 Evaluación del peso específico del criterio alta fiabilidad

En la tabla 4.16 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.16 Evaluación del peso específico del criterio alta fiabilidad para el sistema de transmisión

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		0	0	1	0.17
B	1		0.5	2.5	0.42
C	1	0.5		2.5	0.42
			Suma	6	1

Fuente: Propia

4.4.3.2.4 Evaluación del peso específico del criterio disponibilidad

En la tabla 4.17 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.17 Evaluación del peso específico del criterio disponibilidad para el sistema de transmisión

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		0.5	1	2.5	0.42
B	0.5		1	2.5	0.42
C	0	0		1	0.17
			Suma	6	1

Fuente: Propia

4.4.3.2.5 Evaluación del peso específico del criterio costo

En la tabla 4.18 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.18 Evaluación del peso específico del criterio costo para el sistema de transmisión

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		1	1	3	0.5
B	0		1	2	0.33
C	0	0		1	0.17
			Suma	6	1

Fuente: Propia

4.4.3.2.6 Tabla de conclusiones

En la tabla 4.19 se muestra las conclusiones para el sistema de transmisión.

Tabla 4.19 Tabla de conclusiones de la selección de alternativas del sistema de transmisión

	a	b	c	d	Σ	Prioridad
A	0.084	0.0595	0.105	0.1	0.3485	2
B	0.084	0.147	0.105	0.066	0.402	1
C	0.034	0.147	0.0425	0.034	0.2575	3

Fuente: Propia

4.4.4 BASTIDOR (BASE DE REDUCTOR)

Alternativa A: Estructura metálica apoyada en el tanque.

Alternativa B: Estructura metálica en dos columnas de apoyo.

Alternativa C: Estructura metálica con una columna de apoyo.

4.4.4.1 Ventajas y desventajas de las alternativas

➤ Alternativa A

Se monta el motor eléctrico y el reductor de velocidad en una placa metálica, y esta a su vez sobre una estructura también metálica que se apoya sobre el tanque de mezclado acoplándose a su geometría. Se sujeta la estructura al tanque de mezclado. En la figura 4.8 se muestra un esquema de esta alternativa.

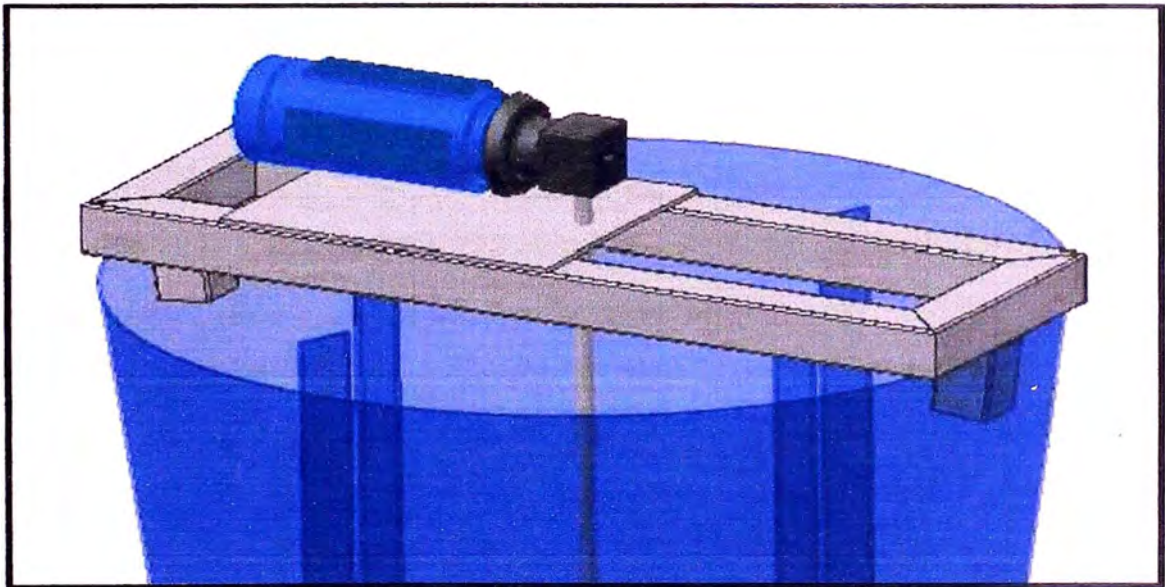


Figura 4.8. Estructura metálica apoyada en el tanque

Fuente: Propia

Ventajas:

- Bajo costo.
- Diseño simple.
- Facilidad de construcción y montaje.
- El eje del agitador está centrado en el tanque.

Desventajas:

- El motor eléctrico, el reductor de velocidad y la estructura metálica que los soporta, se montan sobre el tanque, lo cual puede producir una deformación del mismo.

➤ **Alternativa B**

La estructura metálica está conformada por dos columnas y una viga sobre la cual se monta el motor eléctrico y el reductor de velocidad. Para obtener una mayor estabilidad las columnas tienen la forma de una "T" invertida que se apoya sobre el piso. La altura de la estructura debe ser mayor a la del tanque de mezclado, ya que el tanque se dispone debajo de la estructura y de manera concéntrica con el eje del agitador. En la figura 4.9 se muestra un esquema de esta alternativa.

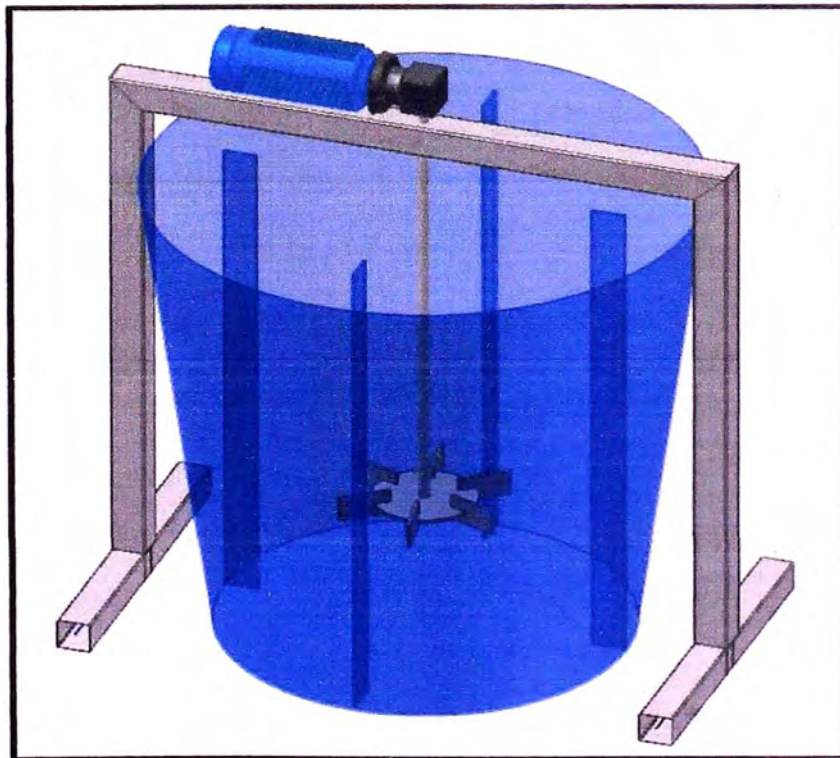


Figura 4.9. Estructura metálica en dos columnas de apoyo
Fuente: Propia

Ventajas:

- La forma de la estructura brinda una buena estabilidad.
- El tanque del mezclador no sufre el peso del moto-reductor.
- Diseño simple.
- Facilidad de construcción y montaje.

Desventajas:

- Dispone solamente de una viga horizontal que soporta el peso del motor eléctrico y el reductor de velocidad por lo que debe ser de mayor tamaño.
- Costo ligeramente más elevado que el de alternativa A.
- El centrado del agitador en el tanque podría dificultarse.

➤ Alternativa C

La estructura metálica está conformada por una columna con un soporte en forma de cruz que se apoya sobre el piso, y por una viga horizontal en voladizo que soporta el peso del motor eléctrico y el reductor de velocidad. La altura de la estructura debe ser mayor a la del tanque de mezclado, ya que el tanque se dispone debajo de la viga y de manera concéntrica con el eje del agitador. En la figura 4.10 se muestra un esquema de esta alternativa.

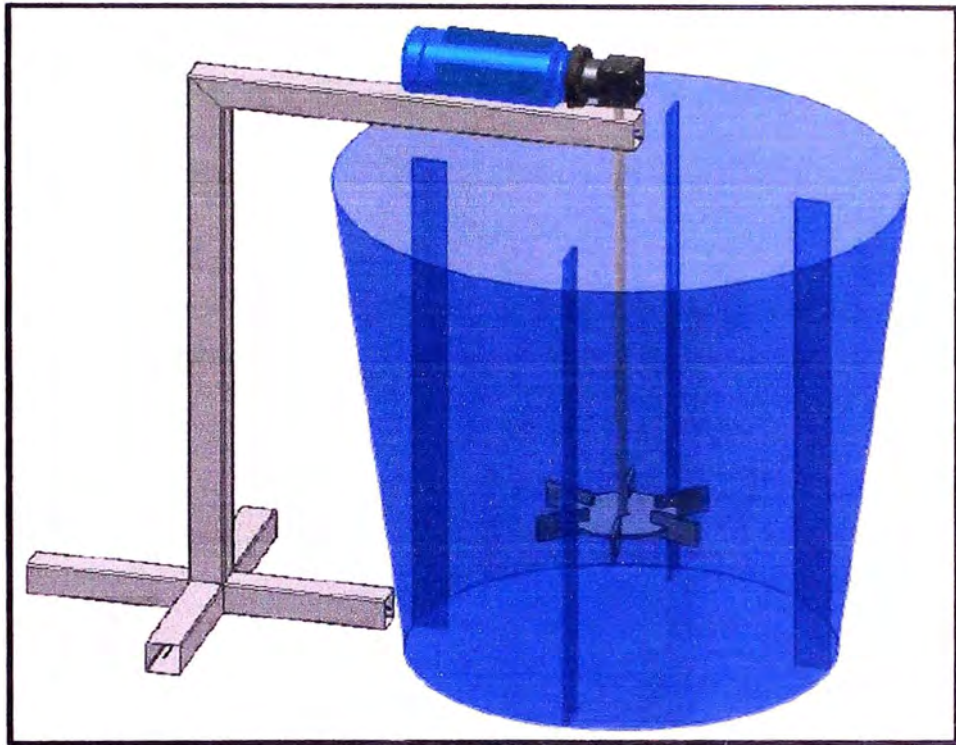


Figura 4.10. Estructura metálica con una columna de apoyo
Fuente: Propia

Ventajas:

- Diseño simple.
- Facilidad de construcción y montaje.
- El tanque del mezclador no sufre el peso del moto-reductor.

Desventajas:

- Existe la necesidad de ocupar un mayor espacio.
- Es más inestable que las alternativas A y B.
- Costo ligeramente más alto que el de la alternativa A
- Al ser una viga en voladizo la que soporta el peso, se generan mayores esfuerzos y debe ser de mayor tamaño.

4.4.4.2 Selección de la alternativa para el bastidor

Para la evaluación de las alternativas se utiliza el método ordinal corregido de criterios específicos.

Los criterios de valoración que se consideran más determinantes son:

- a) Facilidad de diseño, construcción y montaje.
- b) Estabilidad
- c) Alta fiabilidad.
- d) Peso.
- e) Costo.

4.4.4.2.1 Evaluación del peso específico de cada criterio

En la tabla 4.20 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.20 Evaluación del peso específico de cada criterio para el bastidor

Criterio	a	b	c	d	e	$\Sigma + 1$	Ponderación
a		0	0	1	1	3	0.2
b	1		0.5	1	1	4.5	0.3
c	1	0.5		1	1	4.5	0.3
d	0	0	0		0.5	1.5	0.1
e	0	0	0	0.5		1.5	0.1
				Suma		15	1

Fuente: Propia

4.4.4.2.2 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de diseño, construcción y montaje

En la tabla 4.21 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.21 Evaluación del peso específico del criterio facilidad de diseño, construcción y montaje para el bastidor

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		1	1	3	0.5
B	0		1	2	0.33
C	0	0		1	0.17
			Suma	6	1

Fuente: Propia

4.4.4.2.3 Evaluación del peso específico del criterio estabilidad

En la tabla 4.22 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.22 Evaluación del peso específico del criterio estabilidad para el bastidor

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		1	1	3	0.5
B	0		1	2	0.33
C	0	0		1	0.17
			Suma	6	1

Fuente: Propia

4.4.4.2.4 Evaluación del peso específico del criterio alta fiabilidad

En la tabla 4.23 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.23 Evaluación del peso específico del criterio alta fiabilidad para el bastidor

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		0.5	1	2.5	0.42
B	0.5		1	2.5	0.42
C	0	0		1	0.17
			Suma	6	1

Fuente: Propia

4.4.4.2.5 Evaluación del peso específico del criterio peso

En la tabla 4.24 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.24 Evaluación del peso específico del criterio peso para el bastidor

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		1	1	3	0.5
B	0		0	1	0.17
C	0	1		2	0.33
			Suma	6	1

Fuente: Propia

4.4.4.2.6 Evaluación del peso específico del criterio costo

En la tabla 4.25 se muestra la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 4.25 Evaluación del peso específico del criterio costo para el bastidor

Criterio	A	B	C	$\Sigma + 1$	Ponderación
A		1	1	3	0.5
B	0		0	1	0.17
C	0	1		2	0.33
			Suma	6	1

Fuente: Propia

4.4.4.2.7 Tabla de conclusiones

En la tabla 4.26 se muestra las conclusiones para el bastidor.

Tabla 4.26 Tabla de conclusiones de la selección de alternativas del bastidor

	a	b	c	d	e	Σ	Prioridad
A	0.1	0.15	0.126	0.05	0.05	0.476	1
B	0.066	0.099	0.126	0.017	0.017	0.325	2
C	0.034	0.051	0.051	0.033	0.033	0.202	3

Fuente: Propia

4.5 ESQUEMA DEL DISEÑO DEL MEZCLADOR VERTICAL

Habiendo evaluado y elegido el diseño que más se adecúa a nuestras necesidades, elaboramos un esquema de esta (ver Figura 4.11), para luego así poder hallar las medidas y espesores adecuados para este diseño

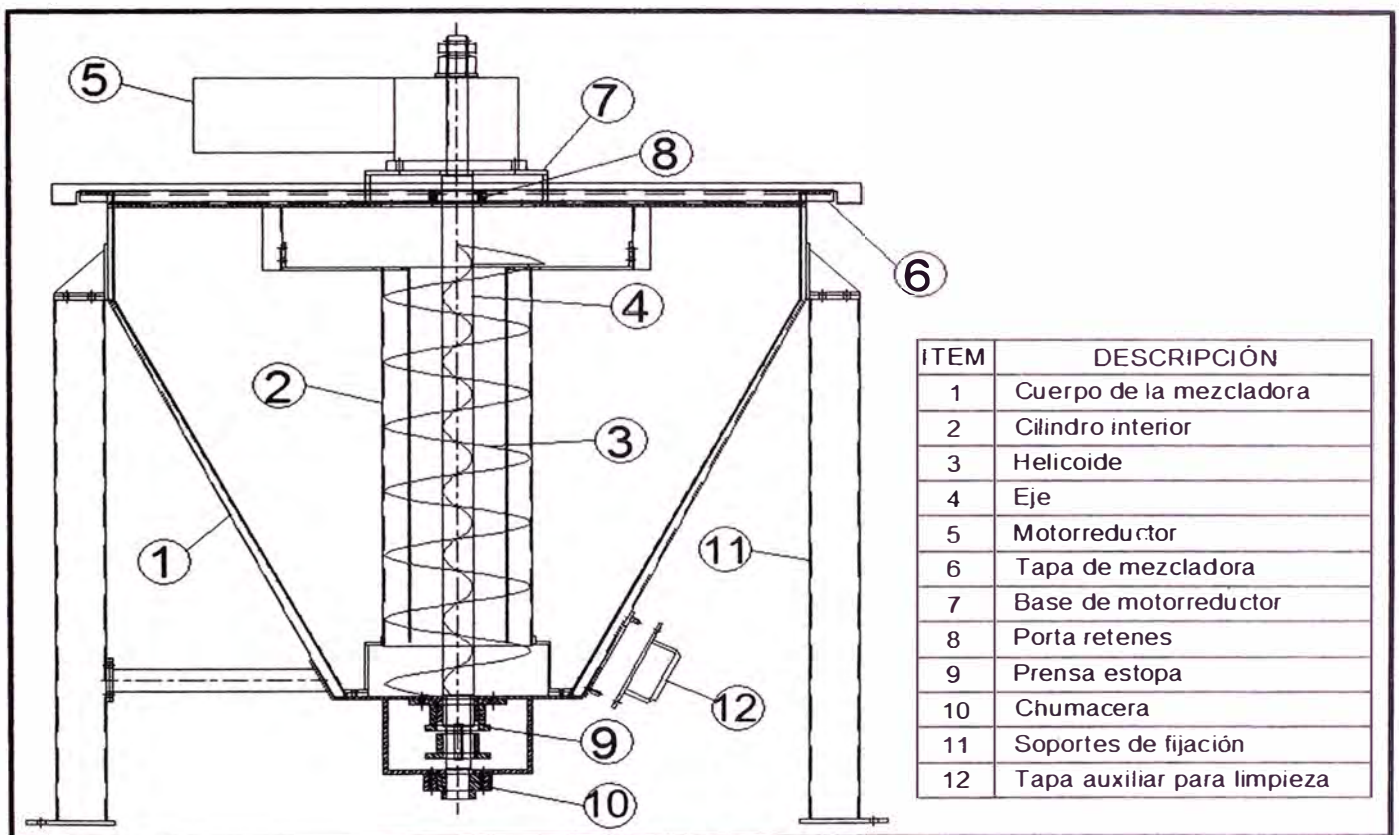


Figura 4.11 (Esquema de la mezcladora vertical)
Fuente: Propia

4.6 PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLADORA.

La tabla de características de materiales (Tabla 4.27) muestra los siguientes datos de diseño:

- A. El peso por pie cúbico de datos se puede utilizar para calcular la capacidad requerida de la mezcladora en pies cúbicos por hora.
- B. El código de material para cada material es como se describe en la Tabla 4.27, y según se interpreta a continuación.

Los datos de las siguientes columnas son datos para la selección de componentes para el Manual de Martin screw conveyer, estos datos no serán tomados en cuenta.

De la tabla 4.28 tenemos que:

$$\rho_{poliestireno} = 40 \text{ lb/ft}^3 = 642.1 \text{ kg/m}^3$$

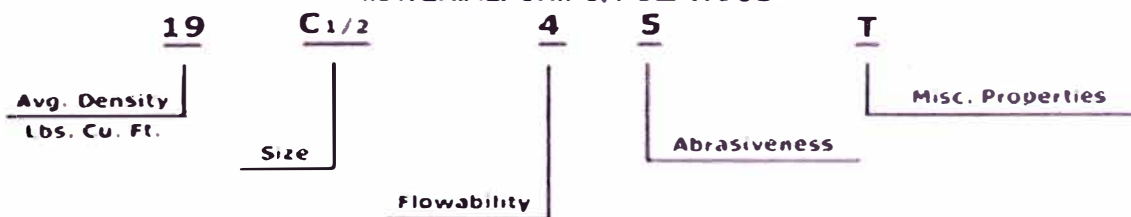
Tabla 4.27 Tabla código de clasificación del material

Material Classification Code Chart

Major Class	Material Characteristics Included	Code Designation	
Density	Bulk Density, Loose	Actual Lbs./cu. ft.	
Size	Very Fine No. 200 Sieve (.0029") And Under No. 100 Sieve (.0059") And Under No. 40 Sieve (.016") And Under	A ₂₀₀ A ₁₀₀ A ₄₀	
	Fine No. 8 Sieve (.132") And Under	B ₈	
	Granular 1/2" And Under 3" And Under 7" And Under	C _{1/2} D ₃ D ₇	
		18" And Under	D ₁₈
		*Lumpy Over 18" To Be Specified X = Actual Maximum Size	D _X
	Irregular Stringy, Fibrous, Cylindrical, Slabs, Etc.	E	
Flowability	Very Free Flowing – Flow Function > 10	1	
	Free Flowing – Flow Function > 4 But < 10	2	
	Average Flowability – Flow Function > 2 But < 4	3	
	Sluggish – Flow Function < 2	4	
Abrasiveness	Mildly Abrasive – Index 1-17	5	
	Moderately Abrasive – Index 18-67	6	
	Extremely Abrasive – Index 68-416	7	
Miscellaneous Properties Or Hazards	Builds Up and Hardens	F	
	Generates Static Electricity	G	
	Decomposes – Deteriorates in Storage	H	
	Flammability	J	
	Becomes Plastic or Tends to Soften	K	
	Very Dusty	L	
	Aerates and Becomes Fluid	M	
	Explosiveness	N	
	Stickiness-Adhesion	O	
	Contaminable, Affecting Use	P	
	Degradable, Affecting Use	Q	
	Gives Off Harmful or Toxic Gas or Fumes	R	
	Highly Corrosive	S	
	Mildly Corrosive	T	
	Hygroscopic	U	
Interlocks, Mats or Agglomerates	V		
Oils Present	W		
Packs Under Pressure	X		
Very Light and Fluffy – May Be Windswept	Y		
Elevated Temperature	Z		

HOW TO READ THE MATERIAL CODE FROM MATERIAL CHARACTERISTICS TABLE.

MATERIAL: CHIPS, PULPWOOD



Fuente: Manual Martin screw conveyor Pag. H-7

Tabla 4.28 Tabla de características de materiales

Material	Weight lbs. per cu. ft.	Intermediate Material Code	Bearing Selection	Compound Series	Defl. Factor Fm	Trough Loading
Phosphate Sand	90-100	B6-37	H	3	2.0	15
Plaster of Paris (See Gypsum)	—	—	—	—	—	—
Plumbago (See Graphite)	—	—	—	—	—	—
Polyethylene Beads	40	B6-37Q	S	1	4	30A
Polyvinyl Chloride Powder	20-30	A100-45KT	S	2	1.0	30A
Polyvinyl Chloride Pellets	20-30	E-45KPT	S	1	.6	30A
Polystyrene, Resin Pellets	30-35	CW-45Q	L.S.B	1	4	30A
Potash (Murate) Dry	70	B6-37	H	3	2.0	15
Potash (Murate) Mine Run	75	DX-37	H	3	2.0	15
Potassium Carbonate	51	B6-36	X	2	1.0	30B
Potassium Chloride Pellets	120-130	CW-25TU	H	3	1.6	45
Potassium Nitrate — 1/2"	76	CW-16NT	H	3	1.2	30B
Potassium Nitrate — 1/4"	80	B6-26NT	H	3	1.2	30B
Potassium Sulfate	42-48	B6-46X	H	2	1.0	30B
Potato Flour	48	A200-35MNP	L.S.	1	.5	30A
Pumice — 1/2"	42-48	B6-46	X	3	1.6	30B
Pyrite, Pellets	120-130	CW-26	H	3	2.0	30B
Quartz — 100 Mesh	70-80	A100-27	H	3	1.7	15
Quartz — 1/4"	80-90	CW-27	X	3	2.0	15
Rice Bran	20	B6-36VY	L.S.B	1	4	30A
Rice, Grits	42-45	B6-36P	L.S.B	1	4	30A
Rice, Polished	30	CW-15P	L.S.B	1	4	45
Rice, Hulled	45-49	CW-25P	L.S.B	1	4	45
Rice, Hulls	20-21	B6-36VY	L.S.B	1	4	30A
Rice, Rough	32-36	CW-35N	L.S.B	1	.6	30A
Rosin — 1/2"	65-68	CW-45Q	L.S.B	1	1.5	30A
Rubber, Recycled Ground	23-50	CW-45	L.S.B	1	.8	30A
Rubber, Pelleted	50-55	D3-45	L.S.B	2	1.5	30A
Rye	42-48	B6-19N	L.S.B	1	4	45
Rye Bran	15-20	B6-36Y	L.S.B	1	4	45
Rye Feed	33	B6-36N	L.S.B	1	.5	30A
Rye Meal	35-40	B6-35	L.S.B	1	.5	30A
Rye Middings	42	B6-35	L.S.	1	.5	30A
Rye, Shorts	32-33	CW-35	L.S.	2	.5	30A
Safflower, Cake	50	D3-26	H	2	.6	30B
Safflower, Meal	50	B6-35	L.S.B	1	.6	30A
Safflower Seed	45	B6-19N	L.S.B	1	4	45
Saffron (See Safflower)	—	—	—	—	—	—
Salt Ammoniac (Ammonium Chloride)	—	—	—	—	—	—
Salt Cake, Dry Coarse	85	B6-36TU	H	3	2.1	30B
Salt Cake, Dry Pulverized	65-85	B6-36TU	X	3	1.7	30B
Salicylic Acid	29	B6-37U	X	3	.6	15
Salt, Dry Coarse	45-60	CW-36TU	H	3	1.0	30B
Salt, Dry Fine	70-80	B6-36TU	H	3	1.7	30B
Saltpeter — (See Potassium Nitrate)	—	—	—	—	—	—
Sand Dry Bank (Damp)	110-130	B6-47	H	3	2.8	15
Sand Dry Bank (Dry)	90-110	B6-37	H, I	3	1.7	15
Sand Dry Silica	90-100	B6-27	H	3	2.0	15
Sand Foundry (Shake Out)	90-100	D3-37Z	H	3	2.6	15
Sand (Resin Coated) Silica	104	B6-27	H	3	2.0	15
Sand (Resin Coated) Zircon	115	A100-27	H	3	2.3	15
Sawdust, Dry	10-13	B6-45JX	L.S.B	1	1.4	15
Soa — Coal	65	B6-36	H	2	1.0	30B
Sesame Seed	27-41	B6-26	H	2	.6	30B
Shale, Crushed	85-90	CW-36	H	2	2.0	30B
Shellac, Powdered or Granulated	31	B6-36P	S	1	.6	30A

Fuente: Manual Martin screw conveyor Pag. H-14

4.7 CÁLCULO DE DIÁMETROS DEL CONO.

Para el cálculo de los diámetros del tanque cónico tenemos:

$$\rho_{\text{poliestireno}} = 40 \text{ lb/ft}^3 = 642.1 \text{ Kg/m}^3$$

$$t_{\text{mezclado}} = 15 \text{ min}$$

$$Q_{\text{mezclado}} = 1000 \text{ kg/hora (cliente)}$$

$$De < 1.5 \text{ m (cliente)}$$

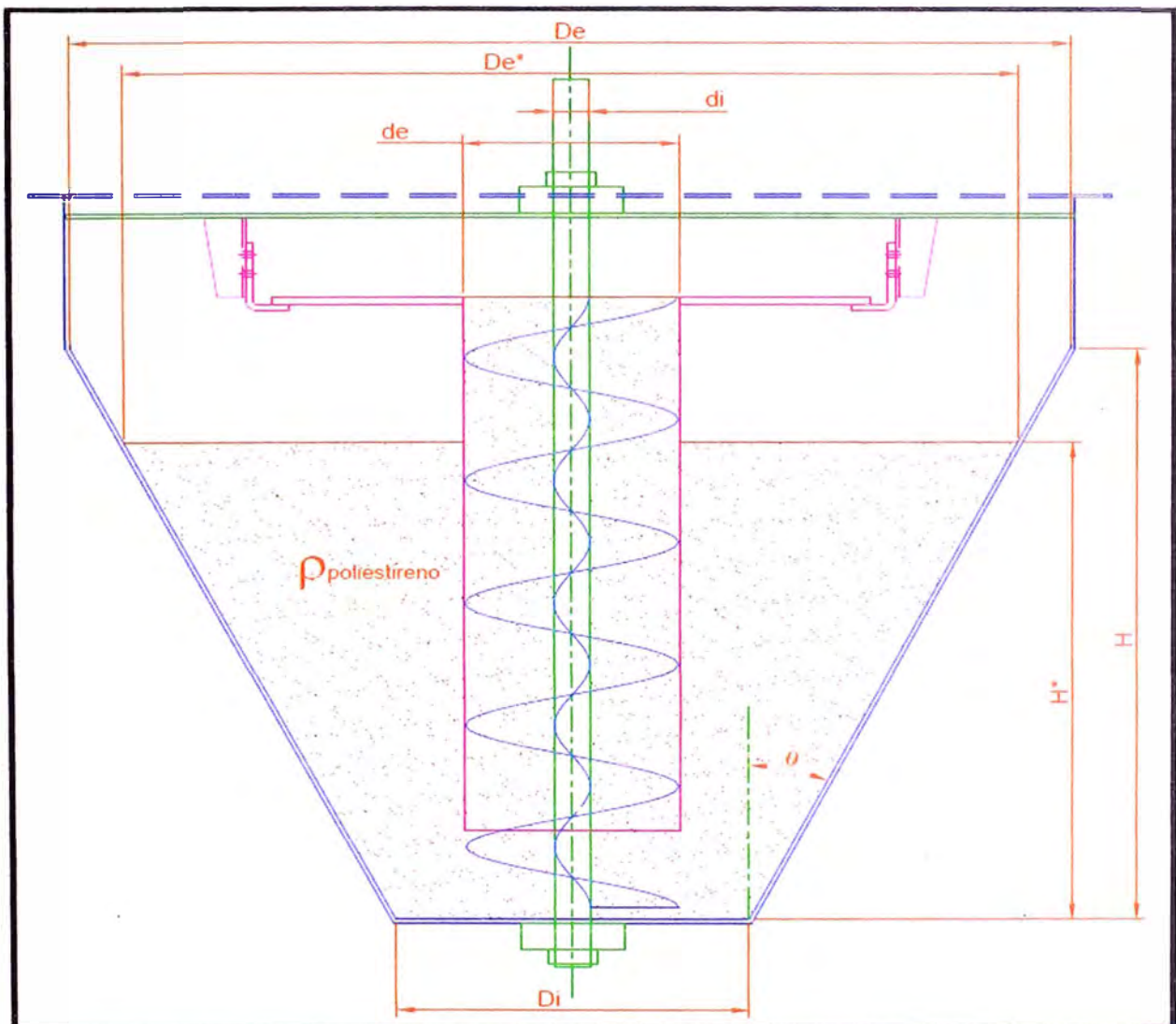


Figura 4.12 (Esquema de la mezcladora vertical con medicas)
Fuente: Propia

Entonces del dato $Q_{\text{mezclado}} = 1000 \text{ kg/hora}$ y con el dato de tiempo de mezclado hallaremos el volumen requerido en nuestro tanque.

$$Q_{\text{mezclado}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} = \frac{V_{\text{total}} * \rho_{\text{poliestireno}}}{t_{\text{mezclado}}} \dots\dots\dots (1)$$

El volumen de un tronco de cono está dado por:

$$V_{\text{tronco de cono}} = \frac{\pi}{12} * H^* * (De^{*2} + De^* * Di + Di^2) \dots\dots\dots (2)$$

Reemplazando (2) en (1)

$$1000 = \frac{\frac{\pi}{12} * H^* * (De^{*2} + De^* * Di + Di^2) * 642.1}{0.25}$$

$$(De^{*2} + De^* * Di + Di^2) * H^* = 1.487 \dots\dots\dots (3)$$

Del dato del cliente $De < 1.5\text{m}$ asumamos un $De = 1.4\text{m}$, y sabiendo que el volumen utilizado está dado por el De^* (Ver Figura 4.12) y que es menor De , asumimos un $De^* = 1.2\text{m}$, además se tiene que el diámetro menor del cono no puede ser muy grande ya que este debe direccionar el material al centro del cuerpo del mezclador, asumimos $Di = 0.45\text{m}$ reemplazando en (3) tenemos:

$$(1.2^2 + 1.2 * 0.45 + 0.45^2) * H^* = 1.487$$

$$H^* = 0.681 \text{ m} \dots\dots\dots (4)$$

Y de la relación que se sale por geometría de la figura 4.12 tenemos:

$$\tan \theta = \frac{De^* - Di}{2 * H^*} = \frac{De - Di}{2 * H} \dots\dots\dots (5)$$

Reemplazando (4) en (5) tenemos:

$$H = 0.924 \text{ m} \approx 0.9 \text{ m}$$

SELECCIÓN DE MATERIAL

Existen muchos tipos de acero inoxidable y no todos son adecuados para aplicaciones estructurales, particularmente cuando se llevan a cabo operaciones de soldadura. A continuación presento una tabla comparativa de los principales tipos.

Tabla 4.29 (Tabla comparativa de tipo de acero inoxidable)

Tipo de acero inoxidable	Aplicación
Austenítico (resistente a la corrosión)	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos para industria química y petroquímica • Equipos para industria alimenticia y farmacéutica • Construcción civil • Vajillas y utensilios domésticos
Ferrítico (resistente a la corrosión, más barato)	<ul style="list-style-type: none"> • Electrodomésticos (cocinas, heladeras, etc.) • Mostradores frigoríficos • Monedas • Industria automovilística • Cubiertos
Martensítico (dureza elevada)	<ul style="list-style-type: none"> • Cuchillería • Instrumentos quirúrgicos como bisturí y pinzas • Cuchillos de corte • Discos de freno

Fuente: Varios

Como vemos en la tabla comparativa se debe tomar un acero inoxidable austenítico, estos aceros no son magnéticos y no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico. Son muy dúctiles y presentan excelente soldabilidad.

Los grados más utilizados, referidos generalmente como grados austeníticos estándares, son 1.4301 (comúnmente conocido como 304) y 1.4401 (comúnmente conocido como 316). Estos aceros inoxidables contienen entre un 17-18% de cromo y un 8-11% de níquel. El grado 1.4301 es adecuado en ambientes rurales, urbanos y ligeramente industriales, mientras que el 1.4401 es un grado más aleado y por tanto recomendable en ambientes marinos e industriales. Además el acero de grado 1.4401 es más caro que el de grado 1.4301, debido a la adición de molibdeno.

Entonces la diferencia crucial entre estos dos aceros el 304 y 316 es el costo y su mayor resistencia a la corrosión, por lo tanto como el trabajo es una línea de producción donde el poliestireno no es corrosivo, se selecciona el acero inoxidable recomendable es el AISI 304.

CALCULO DEL ESPESOR DEL TANQUE

El cálculo del espesor del tanque lo realizaremos por elementos finitos, apoyándonos en el programa solidworks, para ello necesitamos el dato del material el cual es AISI 304 y la presión máxima sufrida del tanque el cual es el peso de material sobre el tanque:

$$q_y = H_c * \rho_{poliestireno} * g$$

$$q_y = 1 * 642.1 * g$$

$$q_y = 6300 \text{ N/m}^2$$

Además tenemos que tener en cuenta el peso mismo del tanque, y de sus demás componentes.

Se desarrolló el análisis con diferentes espesores comerciales, y se muestra los resultados con el espesor de 1/8"

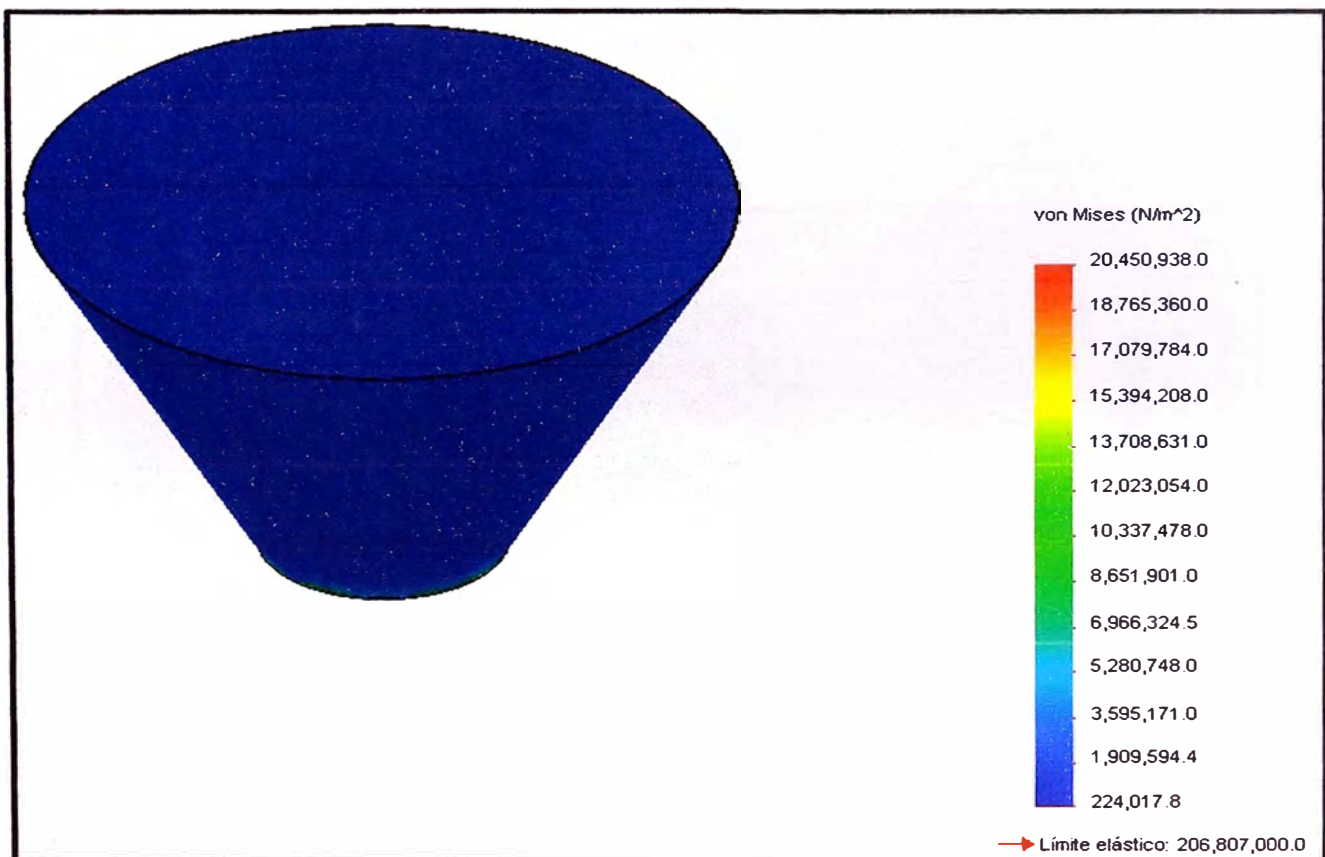


Figura 4.13 (Resultado de tensiones)
Fuente: Propia

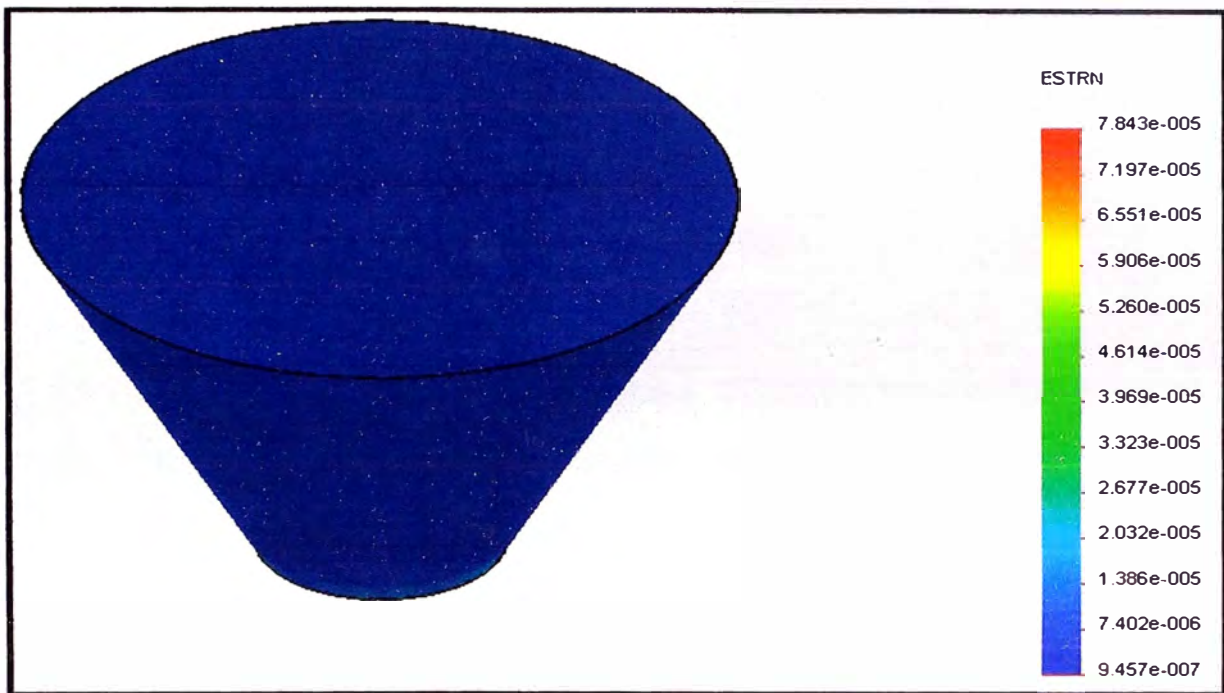


Figura 4.14 (Resultado de deformaciones unitarias en el tanque)
Fuente: Propia

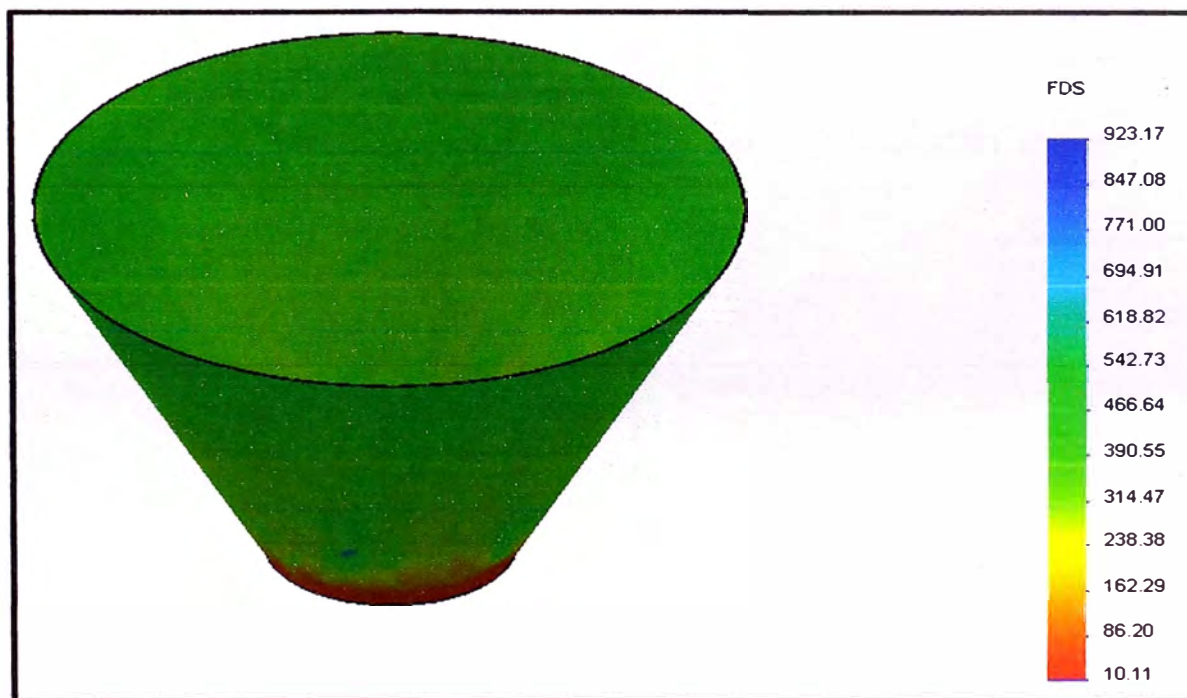


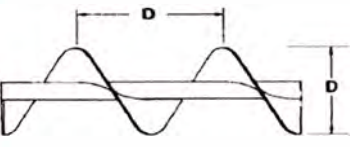

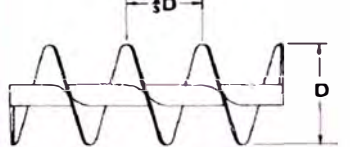
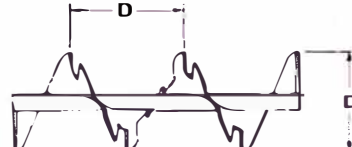
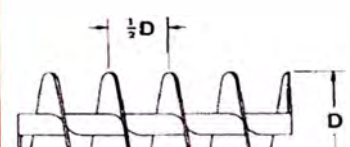

Figura 4.15 (Resultado de factor de seguridad)
Fuente: Propia

Se puede ver en los resultados de tensiones y factor de seguridad que cumple con el límite elástico del acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 1/8".

4.8 CÁLCULO DE MEDIDAS DE LA HELICOIDAL

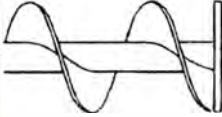
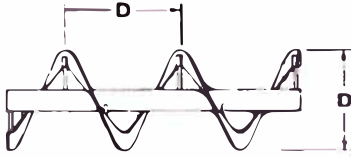

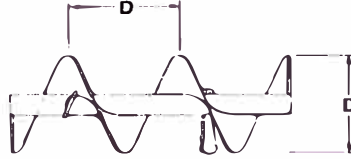
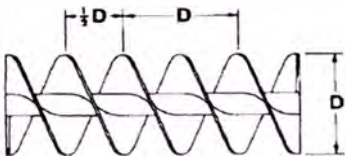
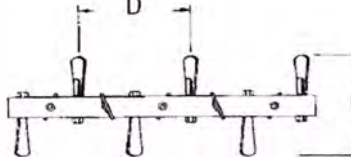
De las tablas 4.30 y 4.31 podemos ver que para transportar material en la vertical se necesita que la relación entre el paso y el diámetro sea menor a 1, además para materiales con cierta fluidez como el nuestro (ver tabla 4.3) se requiere que la relación paso y diámetro sea 1:2m .

Tabla 4.30 (Tabla comparativa de helicoidales)

<p>STANDARD PITCH, SINGLE FLIGHT</p>  <p>Conveyor screws with pitch equal to screw diameter are considered standard. They are suitable for a whole range of materials in most conventional applications.</p>	<p>TAPERED, STANDARD PITCH, SINGLE FLIGHT</p>  <p>Screw flights increase from 2/3 to full diameter. Used in screw feeders to provide uniform withdrawal of lumpy materials. Generally equivalent to and more economical than variable pitch.</p> <p>Price on Application</p>
<p>SHORT PITCH, SINGLE FLIGHT</p>  <p>Flight pitch is reduced to 2/3 diameter. Recommended for inclined or vertical applications. Used in screw feeders. Shorter pitch reduces flushing of materials which fluidize.</p>	<p>SINGLE CUT-FLIGHT, STANDARD PITCH</p>  <p>Screws are notched at regular intervals at outer edge. Affords mixing action and agitation of material in transit. Useful for moving materials which tend to pack.</p>
<p>HALF PITCH, SINGLE FLIGHT</p>  <p>Similar to short pitch except pitch is reduced to 1/2 standard pitch. Useful for inclined applications, for screw feeders and for handling extremely fluid materials.</p>	<p>CUT & FOLDED FLIGHT, STANDARD PITCH</p>  <p>Folded flight segments lift and spill the material. Partially retarded flow provides thorough mixing action. Excellent for heating, cooling or aerating light substances.</p>

Fuente: Manual Martin screw conveyor Pag H-79

Tabla 4.31 (Continuación de Tabla comparativa de helicoidales)

<p>END DISC ON CONVEYOR SCREW</p>  <p>Price on Application</p> <p>An end disc is the same diameter as the screw and is welded flush with the end of the pipe shaft at its discharge end and, of course, rotates with the screw. The end disc helps to keep discharging material away from the trough end seal.</p>	<p>SINGLE FLIGHT RIBBON</p>  <p>Price on Application</p> <p>Excellent for conveying sticky or viscous materials. Open space between flighting and pipe eliminate collection and build-up of material.</p>
<p>VARIABLE PITCH, SINGLE FLIGHT</p>  <p>Price on Application</p> <p>Flights have increasing pitch and are used in screw feeders to provide uniform withdrawal of fine, free flowing materials over the full length of the inlet opening.</p>	<p>STANDARD PITCH WITH PADDLES</p>  <p>Adjustable paddles positioned between screw flights opposed flow to provide gentle but thorough mixing action.</p>
<p>DOUBLE FLIGHT, STANDARD PITCH</p>  <p>Double flight, standard pitch screws provide smooth regular material flow and uniform movement of certain types or materials.</p>	<p>PADDLE</p>  <p>Adjustable paddles provide complete mixing action, and controlled material flow.</p>

Fuente: Manual Martin screw conveyor Pag H-79

Del punto 4.8 se obtuvo un $D_i = 0.45\text{m}$ y una altura $H = 0.9\text{ m}$, y sabiendo que $d_e < D_i$ y que la altura H es menor que la medida de la longitud total de la helicoidal (L) tenemos:

$$d_e = 0.3\text{ m}; L_e = 1\text{ m}$$

Y de la relación que se obtuvo de la tabla 4.29 y 4.30 que:

$$\frac{1}{2} = \frac{\text{paso}}{d_e} = \frac{p}{0.3}$$

$$p = 0.15\text{m}$$

El número de vueltas viene dado por:

$$n = \frac{Le}{p}$$

Entonces se tiene que:

$$n = \frac{1}{0.15} = 6.67 \text{ vueltas}$$

4.9 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA HÉLICE DEL SINFIN

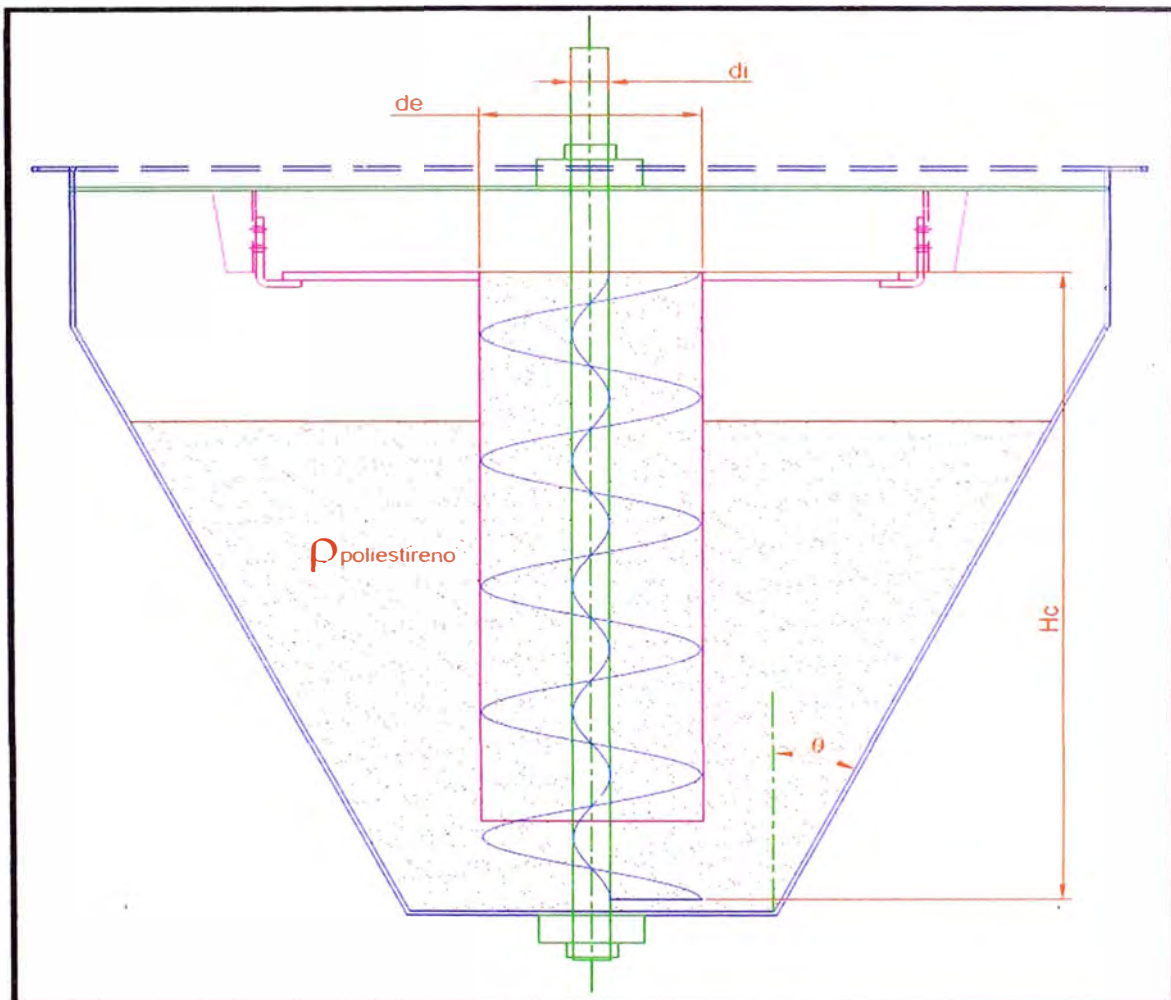


Figura 4.16 (Esquema de la mezcladora vertical)
Fuente: Propia

Se calcula considerando que la hélice es una viga corta en voladizo proyectada desde el eje del sinfín. La carga se toma paralela al eje concentrado en el radio medio de la hélice, el ancho de la viga es igual a la longitud de la hélice medida en el radio medio.

En la figura 4.17 se muestra la helicoidal proyectada al eje con su diagrama de fuerzas, se puede observar cómo cambia de magnitud la fuerza, esto es debido a que las fuerzas disminuyen a mayor altura, ya que la fuerza que actúa sobre él es la fuerza del peso del material.

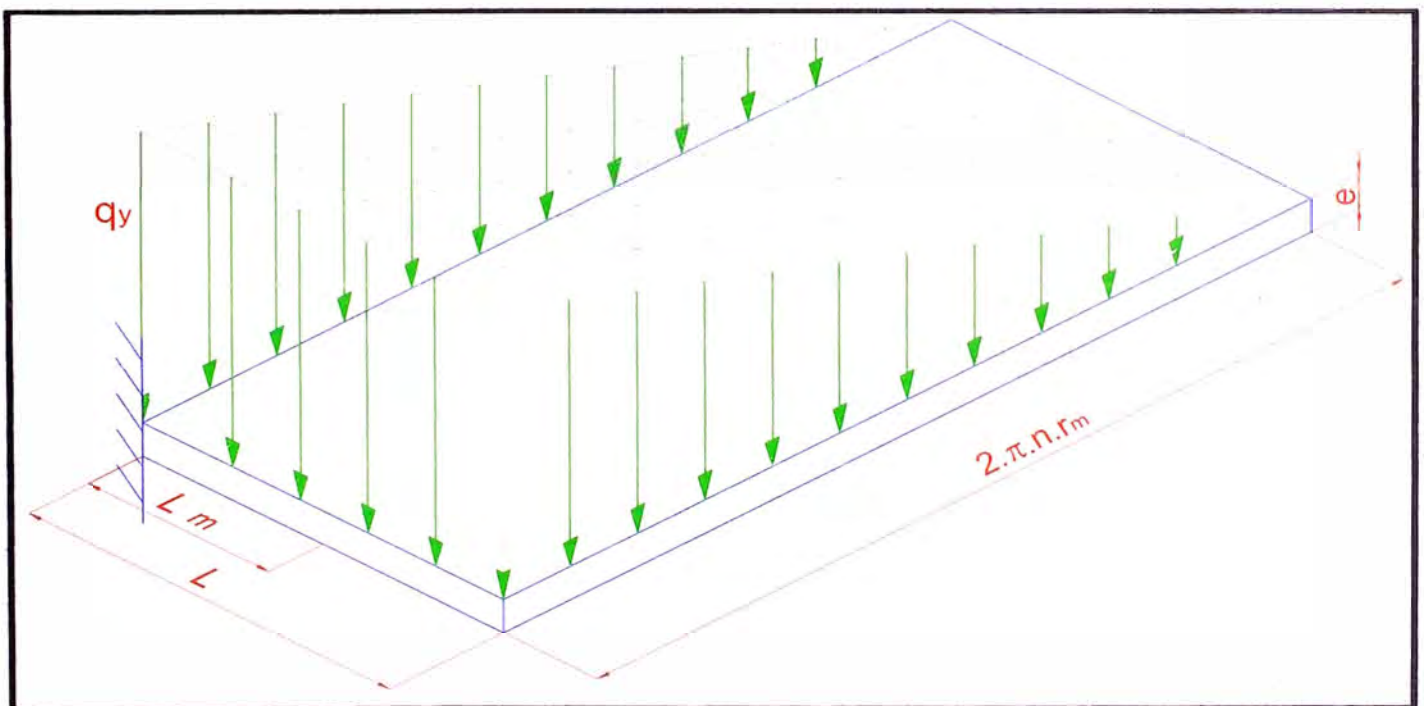


Figura 4.17 (Diagrama de fuerzas)
Fuente: Propia

De la figura 4.16 y 4.17 se calcula y se tiene que:

e: espesor de la helicoide

n: número de vueltas del helicoide

$$n = 6.67 \text{ vueltas}$$

L: Ancho de la hélice

$$L = \frac{de}{2} + \frac{di}{2} = \frac{0.3}{2} + \frac{0.06}{2}$$

$$L = 0.18 \text{ m}$$

Lm: Distancia al radio medio

$$Lm = \frac{L}{2}$$

$$Lm = 0.09 \text{ m}$$

r_m: radio medio

$$r_m = \frac{di}{2} + Lm$$

$$r_m = 0.12 \text{ m}$$

q_y: carga máxima

$$q_y = H_c * \rho_{\text{poliestireno}} * g$$

$$q_y = 1 * 642.1 * g$$

$$q_y = 6300 \text{ N/m}^2$$

Entonces nos avocamos en calcular el espesor en la parte más crítica, donde la helicoidal sufrirá mayores esfuerzos (en la parte inferior, mayor carga), en la figura 4.18 se representa un diagrama de fuerzas en una viga lineal pasamos todas las fuerzas en este sector, entonces hacemos la equivalencia.

$$F_y * L = q_y * 2 * \pi * n * r_m * L/2$$

$$F_y = q_y * \pi * n * r_m$$

$$F_y = 147\,854.76 \text{ N/m}$$

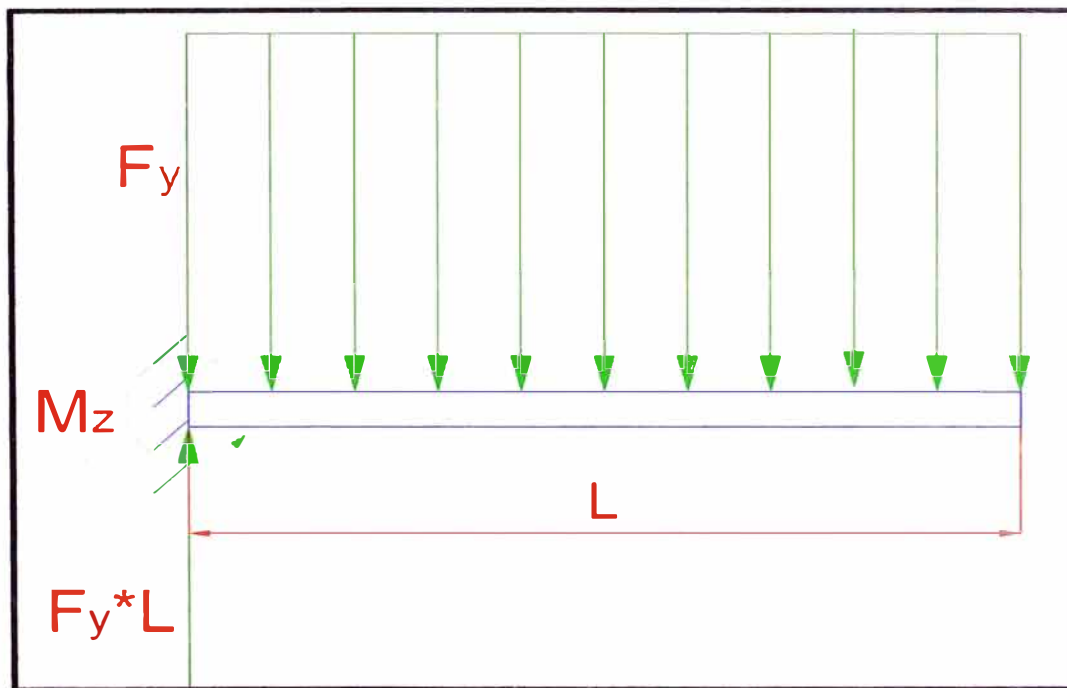


Figura 4.18 (Diagrama equivalente de fuerzas en una viga lineal)
Fuente: Propia

Análisis de fuerzas

Según la figura 4.18 se tiene que la fuerza según su ubicación "x" es:

$$F = F_y * L - F_y * x$$

$$F = F_y(L - x)$$

$$F = 147\,854.76 * (L - x)$$

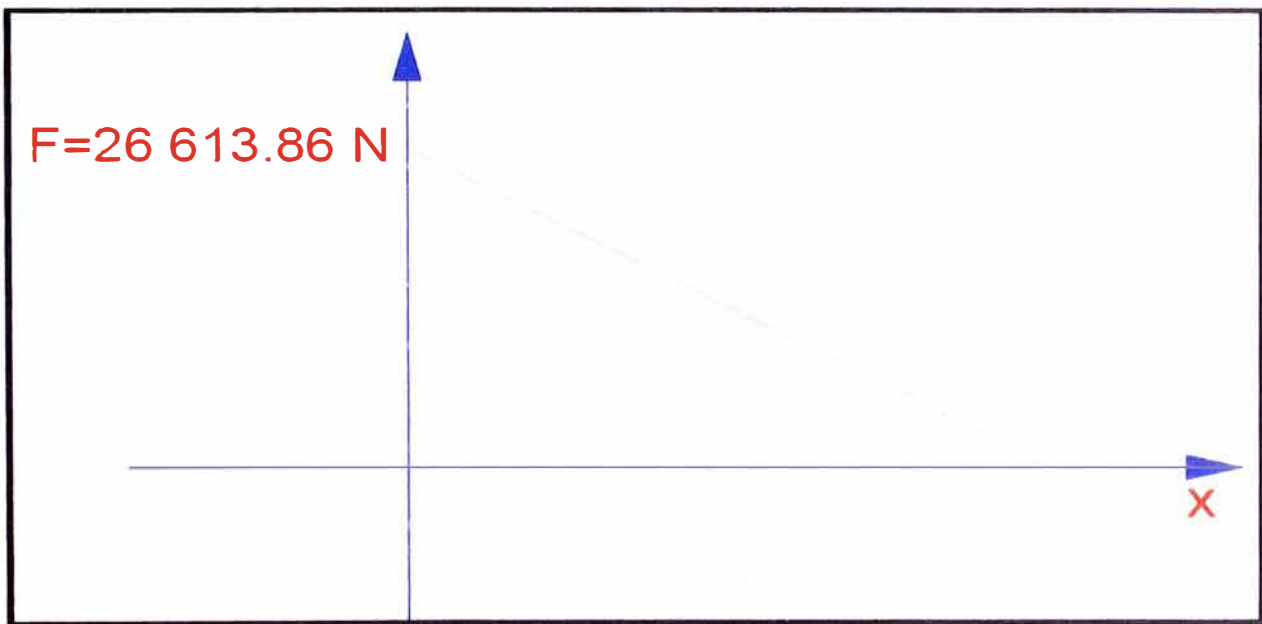


Figura 4.19 (Diagrama de fuerza cortante)
Fuente: Propia

Análisis de momentos:

Sabiendo que la carga es la derivada del momento según x, entonces se tiene que:

$$F = \frac{dM_z}{dx}$$

$$147\,854.76 * (L - x) = \frac{dM}{dx}$$

$$M = \int_0^x 147\,854.76 * (L - x) \cdot dx$$

$$M = 147\,854.76 * \int_0^x (L - x) \cdot dx$$

$$M = 147\,854.76 * (L * x - \frac{x^2}{2} + C)$$

Evaluamos en $x = L$; $M = 0$ entonces:

$$C = -\frac{L^2}{2}$$

$$\Rightarrow M = 147\,854.76 * \left(L * x - \frac{x^2}{2} - \frac{L^2}{2} \right)$$

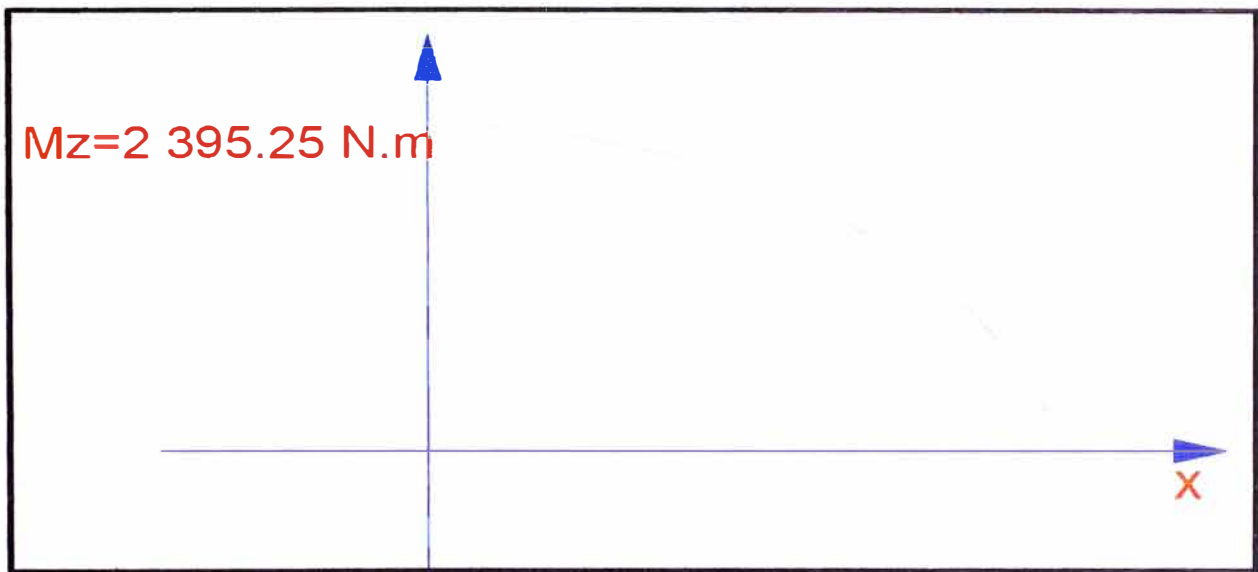


Figura 4.20 (Diagrama de momento flector)
Fuente: Propia

Análisis por esfuerzo cortante:

Se sabe que el esfuerzo máximo por corte viene dado por:

$$\tau_{max} = \frac{F}{A} = \frac{26\,613.86}{2 * \pi * r_m * n * e} \leq F_v$$

$$\frac{26\,613.86}{5.029 * e} \leq 200 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$e \geq 26.46 * 10^{-6} m$$

Análisis por flexión:

Se sabe que el esfuerzo máximo por flexión viene dado por:

$$\sigma_{max} = \frac{M * e}{I_h} \leq F_b$$

$$\frac{2 * 395.25 * e/2}{\frac{2 * \pi * r_m * n * e^3}{12}} \leq 0.60 * S_y$$

$$\frac{2 * 857.7}{e^2} \leq 0.60 * 500 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$3.1 * 10^{-3} \text{ m} \leq e$$

De los dos análisis se escoge un espesor mayor a 3.1 mm, el más cercano sería una plancha de 1/8" pero este valor es muy cercano así que en la parte inferior de la helicoide se reforzará con platinas para aumentar su resistencia a la flexión ya que en este tramo se concentran los mayores esfuerzos y la helicoide se encuentra menos sostenida ya que en su último tramo queda libre y solo está apoyado al eje.

4.10 CÁLCULO DEL DESARROLLO DEL HELICOIDE

El cálculo del helicoide es simple y puede ser deducido con el uso de la trigonometría, entretanto su fabricación no sigue la misma tendencia.

El helicoide del sinfín se construye por pasos. Para el desarrollo de la hélice se dibuja primero el alzado de un paso del sinfín (Figura 4.21).

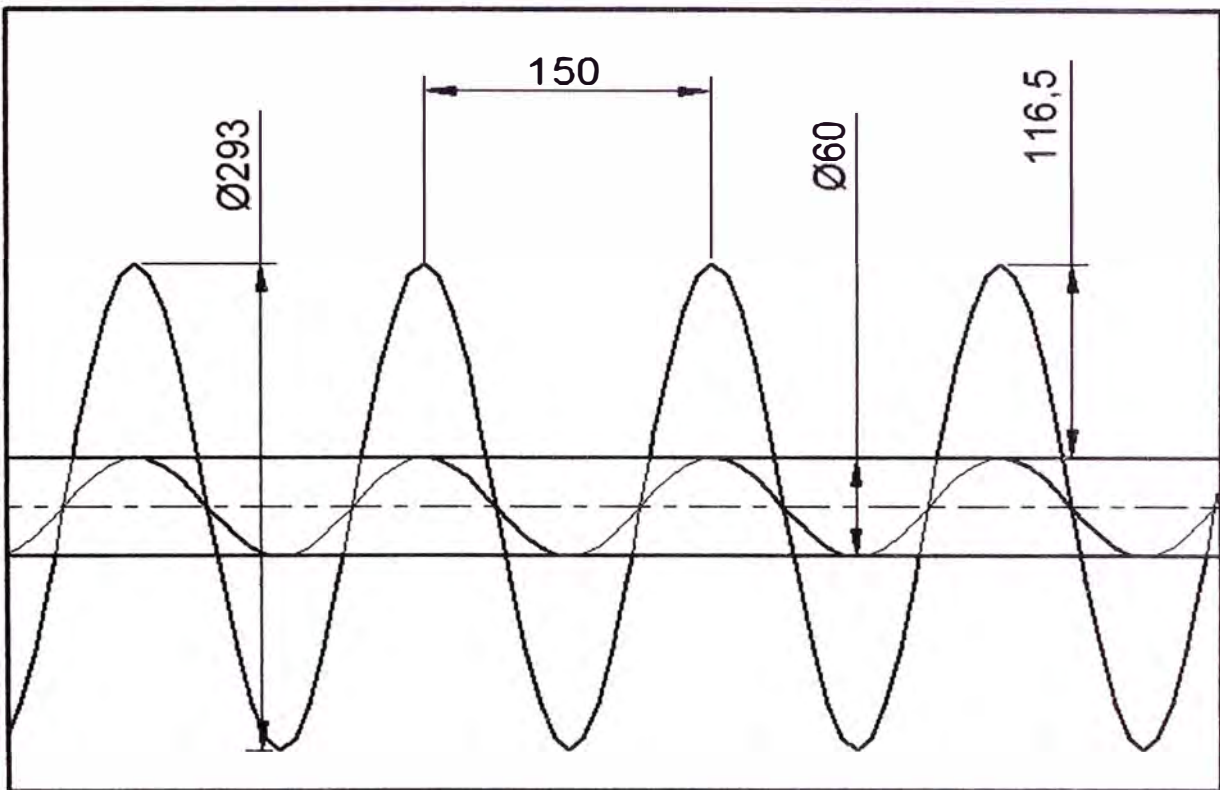


Figura 4.21 (Esquema de la helicoide y sus medidas)
Fuente: Propia

Para encontrar las longitudes desarrolladas de la hélice se dibujan 2 triángulos rectángulos cuyos catetos comunes son el paso p y el otro cateto es la longitud de la circunferencia en la vista de planta del helicoide (diámetro del helicoide).

De la figura 4.21 se tiene los siguientes datos:

$d_e = 293\text{mm}$ (Diámetro exterior de la helicoide)

$d_i = 60\text{mm}$ (Diámetro interior de la helicoide)

$P = 150\text{mm}$ (paso de la helicoide)

Con estos datos dibujamos los triángulos rectángulos, donde se obtiene el perímetro de la hélice tanto interna como la externa (Ver Figura 4.22). Estos dos perímetros son 932.6mm y 240.9mm.

Estas dos medidas deben ser trazadas en la chapa de forma concéntrica y separada uno del otro por la distancia de la altura de la hélice, en este caso 116.5mm.

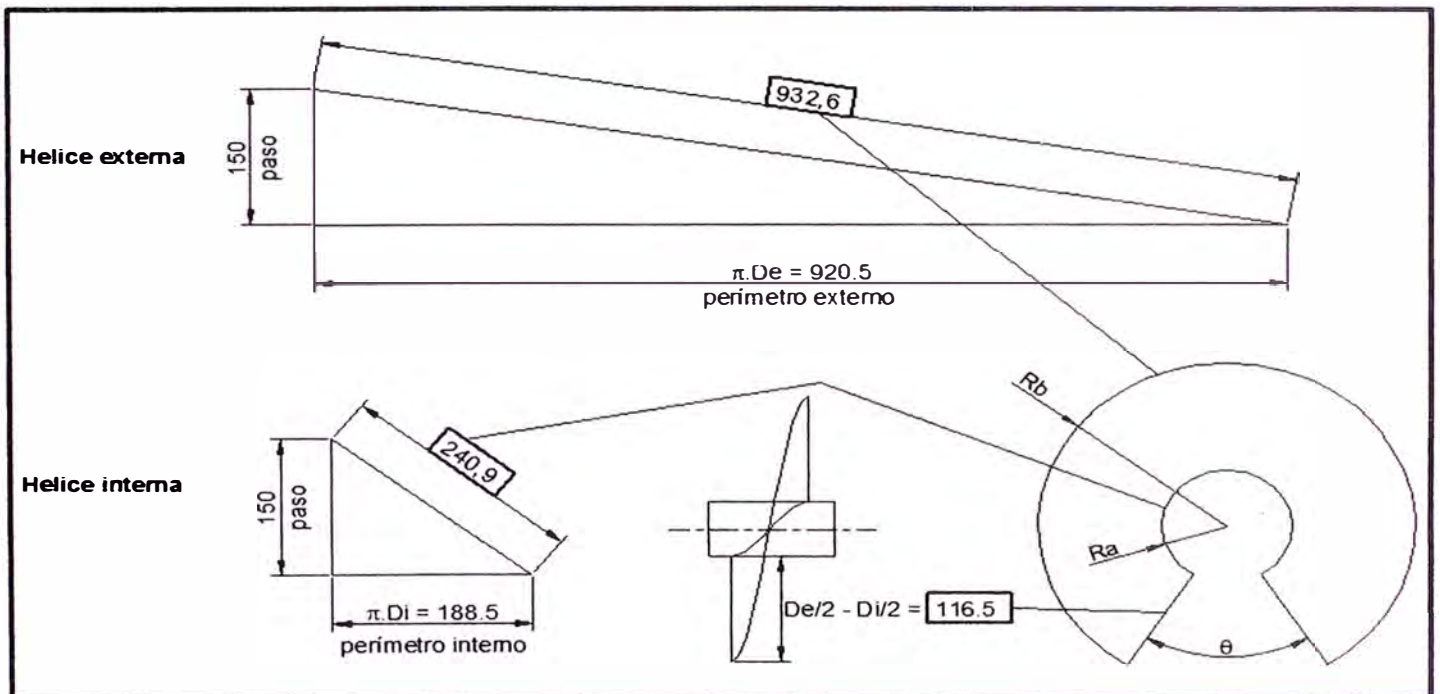


Figura 4.22 (Método de cálculo del desarrollo de la helicoides)

Fuente: Propia

De la figura 4.22 " Ra " es el radio interior del desarrollo de la helicoides, " Rb " es el radio exterior del desarrollo y " θ " es el ángulo de corte para cada paso de la helicoides.

Entonces de la figura 4.22 tenemos las siguientes ecuaciones:

$$R_b x(2\pi - \theta) = 932.6 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$R_a x(2\pi - \theta) = 240.9 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$R_b - R_a = 116.5 \quad \dots\dots\dots (8)$$

De (6) \div (7):

$$\frac{R_b}{R_a} = \frac{932.6}{240.9} = 3.871 = \frac{3.871 \cdot k}{k}$$

$$R_b = 3.871k ; R_a = k \quad \dots\dots\dots (9)$$

(9) en (8)

$$R_b - R_a = 2.871k = 116.5$$

$$k = 40.578 \quad \dots\dots\dots (10)$$

Reemplazando (10) en (9) y luego en (6) tenemos:

$$R_b = 157mm$$

$$R_a = 41mm$$

$$\theta = 0.343 \text{ rad} = 19.66^\circ$$

Lo que ocurre normalmente en la fabricación del helicoide (principalmente con uso de chapas más gruesas) son los siguientes problemas:

- a) La dificultad en conformar, lo que normalmente ocasiona una gran estiramiento de la geometría original, siendo que muchas veces es necesario el uso de llama (calentamiento a fuego) para auxiliar en la deformación, de esta forma comprometiendo sensiblemente la fidelidad del cálculo de la planificación con el resultado final.
- b) La dificultad de promover el perfecto posicionamiento de la hélice interna del helicoide con la hélice hipotética externa al tubo, forzando de esta forma el crecimiento axial del helicoide (aumento aparente del paso) y una disminución del diámetro externo (poca perceptiva). Para este problema es conveniente dejar una buena holgura entre el externo del tubo y en el interno del helicoide calculado (5 mm, por ejemplo para una chapa $\frac{1}{4}$). De esta forma evita el montaje muy forzado sobre el tubo.
- c) El ángulo total de la planificación sea respetado (generalmente este ángulo es más de 300°), pues si la pieza fuese cortada con un ángulo mayor que el especificado surgirán holguras entre el interno de la rosca y el tubo. El corte a través de ángulos generalmente no es preciso, de esta forma se sugiere el uso de las cuerdas para la marcación del ángulo de corte. Existe una práctica instituida que sería cortar todo el disco formado por los dos radios de forma completa para reducir la pérdida de material, conforme la figura 4.23.

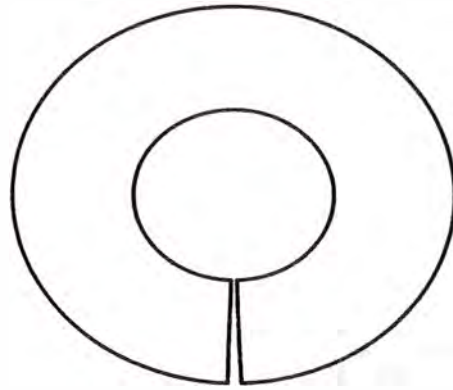


Figura 4.23 (Trazado de los círculos completos para reducir el consumo de material)
Fuente: Propia

En el caso de trazar círculos completos como muestra la figura 4.24, tendremos el inconveniente que los cordones de soldadura no estén alineados como si lo estaría si respetamos el ángulo de corte y por tanto habrá mayor dificultad para el armado del helicoide.

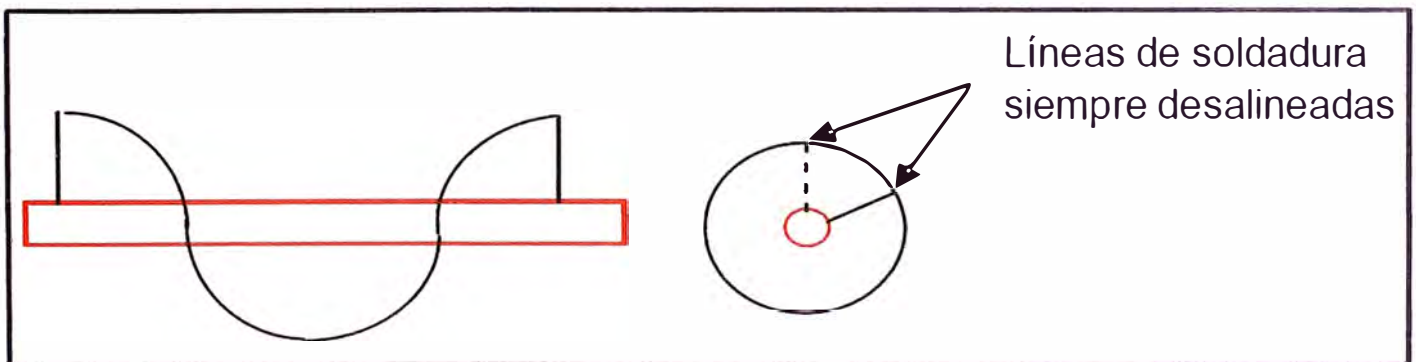


Figura 4.24 (Armado de helicoide con círculos completos)
Fuente: Propia

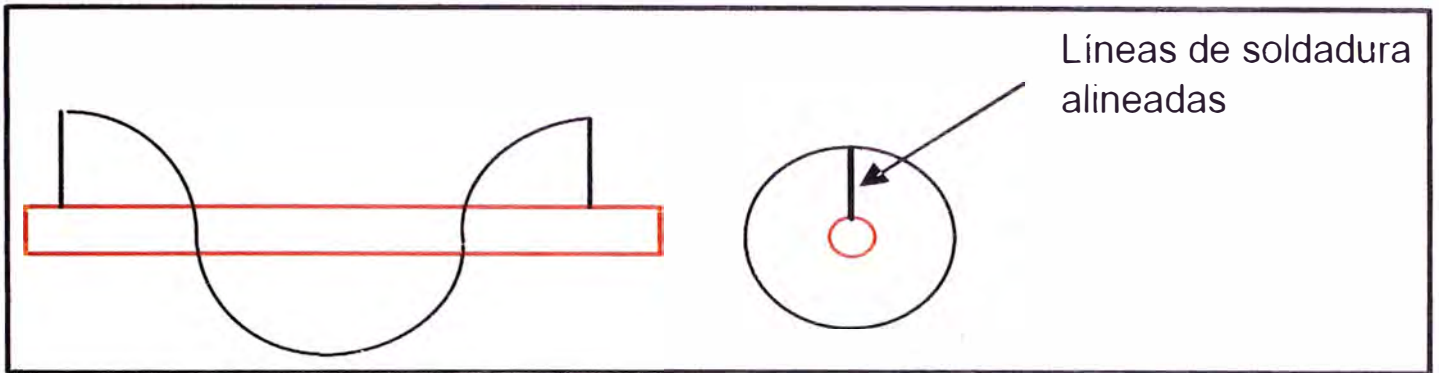


Figura 4.25 (Armado de helicoide con círculos cortados según cálculos de la figura 4.22)

Fuente: Propia

DETERMINACIÓN DE DIAMETRO INTERIOR DEL CILINDRO DE LA HELICOIDAL

Para determinar la medida del diámetro interior del cilindro helicoidal necesitamos la luz o espacio que tiene que tener entre la helicoidal y el cilindro.

Tabla 4.32 (Distancia recomendada entre helicoidal y cilindro)

Size	Type of Housing	Clearance	Gauge of Housing			
			Standard Elevator		Superscrew Elevator	
			Intermediate	Top and Bottom Sections	Intermediate	Top and Bottom Sections
6	Standard Clearance	$\frac{1}{2}$	14	14	14	10
	Close Fitting Clearance	$\frac{3}{16}$	14	14	14	10
9	Standard Clearance	$\frac{1}{2}$	12	12	12	$\frac{3}{16}$
	Close Fitting Clearance	$\frac{3}{16}$	12	12	12	$\frac{3}{16}$
12	Standard Clearance	$\frac{1}{2}$	10	10	10	$\frac{3}{16}$
	Close Fitting Clearance	$\frac{3}{16}$	10	10	10	$\frac{3}{16}$
16	Standard Clearance	$\frac{1}{2}$			10	$\frac{3}{16}$
	Close Fitting Clearance	$\frac{3}{16}$			10	$\frac{3}{16}$

Fuente: Cema 350

De la tabla 4.32 tenemos que para nuestro helicoidal de 12" de diámetro exterior se recomienda un espacio de 5/16" que es equivalente a 8mm.

Entonces de las figuras 4.16 y 4.21 tenemos:

$$\text{Diametro interior del cilindro} = de + \text{espacio recomendado}$$

$$\text{Diametro interior del cilindro} = 293\text{mm} + 8\text{mm}$$

$$\text{Diametro interior del cilindro} = 301\text{mm}$$

4.11 DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE MATERIAL

La capacidad de flujo o caudal de la helicoidal está dado por:

$$Q = 3600 \cdot S \cdot v \cdot \gamma \cdot k \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

Q : Flujo en kg/h

S : Área de la helicoidal.

v : Velocidad de desplazamiento de la helicoidal.

γ : Densidad del poliestireno.

k : Coeficiente de disminución del flujo de material

El área de relleno del helicoide del mezclador está dado por:

$$S = \frac{\pi \cdot de^2}{4} - \frac{\pi \cdot di^2}{4} \dots\dots\dots (12)$$

Dónde:

de : Diámetro exterior de la helicoidal.

di : Diámetro del eje.

Tenemos que (de = 0.3m y el di = 0.06m) reemplazando en (12):

$$S = \frac{\pi \cdot (0.3)^2}{4} - \frac{\pi \cdot (0.06)^2}{4}$$

$$S = 6.786 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

En tanto la velocidad de desplazamiento por la helicoidal del mezclador es:

$$v = \frac{p \cdot n}{60} \left[\frac{m}{s} \right] \quad \dots\dots\dots (14)$$

Dónde:

v : Velocidad de desplazamiento

p : Paso de la helicoidal

n : Velocidad de giro (rpm)

Tenemos que (p = 0.15m y n = 50 rpm) reemplazando en (14):

$$v = \frac{0.15 \times 50}{60} \text{ m/s}$$

$$v = 0.125 \text{ m/s} \quad \dots\dots\dots (15)$$

Reemplazando (13) y (15) en (11):

$$Q = 3600 \times 6.786 \times 10^{-2} \times 0.125 \times 642.1 \times 1 \text{ kg/h}$$

$$Q = 19607.81 \text{ kg/h} \quad \dots\dots\dots (16)$$

4.12 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA

La potencia necesaria para el accionamiento de la helicoidal esta dada por:

$$P = P_H + P_N + P_I \quad \dots\dots\dots (17)$$

Donde:

P : Potencia de accionamiento.

P_H : Potencia necesaria para el desplazamiento horizontal.

P_N : Potencia para el accionamiento en vacío.

P_I : Potencia requerida para una helicoidal inclinada.

4.12.1 POTENCIA NECESARIA PARA EL DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL.

La potencia necesaria para el desplazamiento horizontal es básicamente la potencia debido al material está se calcula de la siguiente manera:

$$P_H (kW) = C_O \frac{Q \cdot L \cdot g}{3600} = C_O \frac{Q \cdot L}{367} [W] \quad \dots\dots\dots (18)$$

Dónde:

C_O : Coeficiente de resistencia del material

Q : Flujo en kg/h

L : longitud de instalación

Tabla 4.33 (Tabla de valores de C_0 para distintos materiales)

Material	C_0 Empírico
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Fuente: Cema 350

Entonces en (16) y $C_0 = 1,2$ en (18):

$$P_H = 4 \times \frac{19607.81 \times 1}{367} \text{ kW}$$

$$P_H = 213.71 \text{ W} \quad \dots\dots\dots (19)$$

4.12.2 POTENCIA PARA EL ACCIONAMIENTO EN VACÍO.

La potencia para el accionamiento en vacío es muy pequeña a comparación con la potencia necesaria para el desplazamiento del material y está dada por:

$$P_N(\text{kW}) = \frac{D \cdot L}{20}$$

$$P_N = \frac{0.3 \times 1}{20} \text{ kW}$$

$$P_N = 0.015 \text{ kW} \quad \dots\dots\dots (20)$$

4.12.3 POTENCIA REQUERIDA PARA UNA HELICOIDAL INCLINADA.

La potencia requerida para una helicoidal inclinada es debido a la altura generada o mejor dicho a la energía potencial gravitatoria que se gana por ser inclinada, esta se calcula de la siguiente manera:

$$P_1(kW) = \frac{Q \cdot H \cdot g}{3600} = \frac{Q \cdot H}{367}$$

$$P_1(kW) = \frac{19607.81 \times 1}{367}$$

$$P_1 = 53.43 \text{ W} \quad \dots\dots\dots (21)$$

Reemplazando (19), (20), (21) en (18):

$$P = 0.21371 + 0.015 + 0.05343$$

$$P = 0.282 \text{ kW} = 0.376 \text{ HP} \quad \dots\dots\dots (22)$$

Entonces se elige un motorreductor de 1/2 HP, con 50 rpm.

CAPÍTULO V

ESTRUCTURA DE COSTOS

5.1 GENERALIDADES

En el presente capítulo se realiza un análisis de costos para determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la elaboración del proyecto. En el presente caso, para realizar el análisis de costos pertinentes se van a tomar en cuenta los costos directos e indirectos.

Los costos directos comprenden:

- Costos de materiales directos
- Costos de elementos normalizados
- Costos de maquinado
- Costos de montaje

Los costos indirectos comprenden:

- Costos de materiales indirectos
- Costos de ingeniería
- Otros

5.2 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

5.2.1 COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS

A los materiales directos comprende la materia prima que se necesita para construir los elementos que conforman la máquina, en la tabla 5.1 se presenta un listado de los mismos.

Tabla 5.1 Costos de materiales directos

Materiales	Dimensiones	Cant	Costo Unit (USD)	Costo tot (USD)
Plancha de acero Inox. AISI 304	1/8" x 1.2m x 2.4m	4	212.51	850.04
Plancha de acero Inox. AISI 304	1/4" x 1.2m x 2.4m	1	402.52	402.52
Plancha de acero Inox. AISI 304	3/8" x 1.2m x 1.2m	1	595.51	595.51
Ángulo Inoxidable AISI 304	¼" x 2" x 2" x 6m	1	96.13	96.13
Tubo cuadrado ASTM A36	4" x 4" x 6m	1	65.42	65.42
Plancha ASTM A36	3/8" x 1.2m x 2.4m	1	300.5	300.5
Plancha ASTM A36	1/2" x 0.3m x 0.6m	1	42.57	42.57
Eje Macizo Inox. AISI 304	Ø 60mm x 1.9m	1	212.52	212.52
Eje Macizo Inox. AISI 304	Ø 120mm x 60mm	1	28.41	28.41
Varilla de acero Inoxidable	Ø 3/8" x 0.5m	1	7.2	7.2
Platina Inox. AISI 304	1/8" x 1" x 6m	1	20.2	20.2
Soguilla cuadrada de teflón	3/8" x 3/8" x 1m	1	35.72	35.72
Subtotal				2 656.74

Fuente: Varios

5.2.2 COSTOS PARA ELEMENTOS SELECCIONADOS O NORMALIZADOS

Son los costos correspondientes de los elementos que se ha seleccionado para el diseño de la máquina estos se los determina en la siguiente tabla 5.2.

Tabla 5.2 Costos para elementos seleccionados

Elemento	Cant.	Costo Unit (USD)	Costo total (USD)
Motorreductor SEW S47 de n=48.3 rpm	1	694.4	694.4
Espárrago de \varnothing 1/2" x 1m Inox	1	17.5	17.5
Tuerca y arandela de \varnothing 1/2" Inox	4	0.25	1.0
Espárrago de \varnothing 1/2" x 1m FeNe	1	8.7	8.7
Tuerca y arandela de \varnothing 1/2" FeNe	2	0.12	0.24
Perno Hexagonal de \varnothing 5/8" x 2.1/2" FeNe	4	1.25	5.0
Tuerca y arandela de \varnothing 5/8" FeNe	4	0.84	3.36
Perno Avellanado Allen M8 x 25mm Inox	4	0.62	2.48
Perno Hexagonal de \varnothing 3/8" x 1.1/2" Inox	4	0.56	2.24
Tuerca y arandela de \varnothing 3/8" Inox	4	0.24	0.96
Perno Hexagonal de \varnothing 5/16" x 1.1/2" Inox	4	0.48	1.92
Tuerca y arandela de \varnothing 5/16" Inox	4	0.21	0.84
Subtotal			738.64

Fuente: Varios

5.2.3 COSTOS DE MAQUINADO

Es el costo equivalente a la mano de obra empleada en las máquinas más el costo de hora-máquina, estos costos se determinan multiplicando las horas utilizadas en cada máquina con el costo de utilización, estos valores se presentan en la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Costos de maquinado

Maquina o equipo	Tiempo total (h)	Costo por máquina incluido mano de obra (USD/h)	Costo total (USD)
Torno	8	10.0	80.0
Fresa	2	14.0	28.0
Cepillo	8	10.0	80.0
Taladro de banco	8	10.0	80.0
Taladro manual	4	8.0	32.0
Amoladora	32	3.0	96.0
Roladora	8	10.0	80.0
Dobladora	4	8.0	32.0
Máquina de soldar eléctrica	6	8.0	48.0
Máquina de soldar TIG	16	12.0	192.0
Equipo de pintura	2	2.0	4.0
Herramientas manuales	32	1.5	48.0
Subtotal			800.0

Fuente: Varios

5.2.4 COSTOS DE MONTAJE

Estos costos se relacionan con la mano de obra necesaria para ensamblar y montar la mezcladora vertical y se presentan en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Costos de montaje

Maquina o equipo	Número de horas	Costo por hora (USD)	Costo total (USD)
Supervisor	10	6.2	62.0
Armador	32	4.6	147.2
Mecánico montajista	16	4.6	73.6
Ayudante	40	2.1	84.0
Pulidor	8	3.7	29.6
Subtotal			396.4

Fuente: Varios

5.2.5 TOTAL DE COSTOS DIRECTOS

En la tabla 5.5 se indica la cantidad total de los costos directos

Tabla 5.5 Costos para elementos seleccionados

Costos directos	Valor (USD)
Costos de materiales directos	2656.74
Costos de elementos normalizados	738.64
Costos de maquinado	800.0
Costos de montaje	396.4
Subtotal (USD)	4 591.78

Fuente: Varios

5.3 ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS

A continuación se realiza un despliegue de los costos indirectos:

5.3.1 COSTO DE MATERIALES INDIRECTOS

En la tabla 5.6 se detallan los costos de materiales indirectos.

Tabla 5.6 Costos de materiales indirectos

Material	Cantidad	Costo Unit (USD)	Costo total (USD)
Electrodo E6011-1/8"	2 kg	4.1	8.2
Aporte Inox de 1/8"	4 kg	13.9	55.6
Tungsteno	2	7.4	14.8
Argon	1 m ³	65.0	65.0
Disco de corte	25	1.9	47.5
Disco de desbaste	5	3.1	15.5
Lija para Fe	4	0.74	6.96
Trapo industrial	2 kg	3.7	7.2
Esponja para pulir	6	2.2	13.2
Acido para pulir acero inoxidable	1/2 lt.	14.8	7.4
Pintura anticorrosiva	4 lt.	8.50	17.0
Pintura final	4 lt.	5.50	11.0
Thinner	4 lt.	0.45	1.8
Varios	Glb	10	10
Subtotal			281.16

Fuente: Varios

5.3.2 COSTOS DE INSUMOS

Es el costo debido al tiempo que se utiliza en impresiones, movilización, gastos administrativos, consultas generales, etc.

En la tabla 5.7 se muestra un resumen de este costo

Tabla 5.7 Costo de Insumos

Insumo	Valor (USD)
Transporte de materiales	96.3
Transporte de la mezcladora a la planta	92.6
Movilización del personal a la planta	18.5
Impresiones	74.0
Consultas generales	55.5
Gastos administrativos	59.3
Subtotal (USD)	396.2

Fuente: Varios

5.3.3 TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS

En la tabla 5.8 se resume el total de costos indirectos utilizados en el diseño de la máquina.

Tabla 5.8 Total de costos indirectos

Costos indirectos	Valor (USD)
Costos de materiales indirectos	281.16
Costo de Insumos	396.2
Subtotal (USD)	677.36

Fuente: Varios

5.4 COSTO SUBTOTAL DE LA MÁQUINA

El subtotal de la máquina es la sumatoria de los costos directos y los costos indirectos, a continuación en la tabla 5.9 se indican estos valores:

Tabla 5.9 Total subtotal de la máquina

Componente del costo	Valor (USD)
Costo directo	4 591.78
Costo indirecto	677.36
Subtotal (USD)	5 269.14

Fuente: Varios

5.5 COSTO DE DISEÑO

El costo de diseño equivale al 15% del subtotal de la máquina.

$$C_d = 5\,269.14 * 15\% = 790.37 \text{ USD}$$

5.6 UTILIDAD DE LA MÁQUINA

Se asume una utilidad para la máquina del 20% al subtotal.

$$U_m = 5\,269.14 * 20\% = 1\,053.8 \text{ USD}$$

5.7 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA

El costo total de la mezcladora es la sumatoria de los costos subtotal, costo de diseño y la utilidad, a continuación en la tabla 5.10 se indican los valores.

Tabla 5.10 Costo total de la máquina

Componente del costo	Valor (USD)
Subtotal máquina	5 269.14
Costo de diseño	790.37
Utilidad	1 053.83
Subtotal (USD)	7 113.34

Fuente: Varios

Por lo tanto, como se puede ver en la tabla 5.10 la mezcladora vertical de poliestireno tiene un precio mucho menor que a los que existen en el mercado con similares características (12 000- 16 000 USD). Cabe indicar que el costo total de la máquina es el costo con todo instalación, además que el diseño de este mezclador se adecuo a los requerimientos específicos del cliente del cliente.

CONCLUSIONES

1. Se obtuvo el diseño de una mezcladora vertical con capacidad de mezclado de 1000 kg/hora de poliestireno, el cual consta de un motorreductor de $\frac{1}{2}$ HP y $n= 50$ rpm, una helicoidal ($De=300$ mm, $p=150$ mm, $e=1/8$ ") soldada en un eje de 60mm que girará dentro de un cilindro que permitirá el traslado del material hacia arriba y de una prensaestopa que sellará el tanque por debajo y evite fugas de material, el cuerpo de la mezcladora es de acero Inoxidable AISI 304.
2. La mezcladora diseñada cumple con los requerimientos del cliente en cuanto a tamaño ($De = 1.4$ m), producción, material (1000 kg/h), contiene mecanismos que facilitan su limpieza y entrega de material (Tapa en la parte inferior del tanque y 2 tapas superiores).
3. El costo de la mezcladora diseñada es 7 113.34 USD (Ver tabla 5.10), este valor está muy por debajo del costo de las mezcladoras que existen en el mercado que fluctúan entre 12 000 – 16 000 USD.
4. Se puede notar que el Costo de materiales directo es mucho mayor que todos y casi representa el 50% del costo de la máquina esto es debido a que

los materiales utilizados para esta máquina de mezclado es de acero inoxidable, el cual era un requerimiento del cliente.

5. El costo de mano de obra directa, puede ser variable ya que el tiempo que demore un trabajador en desarrollar su trabajo puede influir en el tiempo del otro, tiempos perdidos por falta de material, máquinas, insumos, o la no disponibilidad de un trabajador, además de los posibles errores, retrabajos, que podrían ocurrir y aumentarían el tiempo y el costo de fabricación de la máquina, es por ello que se está considerando un tiempo y costo prudencial para suplir estos inconvenientes.

6. En el estudio del diseño del mezclador, se pudo ver que no se contaba con mucha información para establecer un método de cálculo para los materiales, así que en este trabajo se estableció un método para el cálculo de elementos de un mezclador de sólidos y las consideraciones que se debe tener para esto (Capítulo IV)

RECOMENDACIONES

1. Se debe reforzar con platinas y pequeñas cartelas la parte inferior de la helicoidal ya que como hemos visto en los cálculos (Capítulo IV) es aquí donde sufre mayor esfuerzo a flexión.
2. Cuando se calcule los elementos de un mezclador horizontal y además este trabaje en forma continua, tener en cuenta el esfuerzo de fatiga.
3. En el momento de la fabricación de este mezclador tener en cuenta que es muy importante el alineamiento del eje, la luz entre la helicoidal y el cilindro interior, la prensaestopa, soldadura con TIG por necesitar que sea sanitario.
4. Se puede aligerar el peso cambiando gran parte del material de la tapa con algún material plástico transparente sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

1. ROBERT H. PERRY, "Manual del ingeniero Químico", Donw Green, 7ma Edición, Editorial Mc Graw Hill, Vol. III, Cap. 19 y 21
2. EDWARD L.PAUL, VICTOR A. ATIEMO-OBENG, SUZAMNNE M.KRESTA, "Handbook of Industrial Mixing: Science and Practice", John Wiley & sons inc., 2004, Cap.15
3. MARTIN, "Manual Martin screw conveyor", *Martin*, 176 páginas
4. ERAZO SORIA, PABLO FRANCISCO, "Diseño y construcción de una mezcladora industrial para la elaboración de vino de frutas con capacidad de 2000 litros, Tesis para la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Escuela politécnica nacional, Capítulo IV, (pág. 39 al 67)
5. BARCIA VILLACRESES, KLÉBER FERNAND, "Diseño y construcción de prototipo para sistema de recirculación de granallas para máquina limpiadora de metales", Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Escuela superior politécnica del litoral, Capítulo II (Pág 183 al 192)
6. CEMA, "Screw Conveyors for bulk materials", tercera edición, ANSI/CEMA 350-2009
7. SHIGLEY JOSEPH & LARRY MICHELL, "Diseño en Ingeniería Mecánica", Editorial Mc Graw Hill, Tercer edición, 1985.

8. FAIRES VIRGIL, "Diseño de Elementos de Máquina", Editorial Limusa, Cuarta edición, 1997
9. ALVA DAVILA FORTUNATO, Diseño de Elementos de Máquinas I, Editorial Concytec, Edición. 1996.
10. ALVA DAVILA FORTUNATO, Diseño de Elementos de Máquinas II, Editorial Concytec, Edición. 1996.
11. Direcciones electrónicas:
 - ✓ <http://www.textoscientificos.com/>
 - ✓ <http://es.scribd.com/doc/24729435/49/Transportadores-helicoidales-verticales>
 - ✓ http://grupos.emagister.com/documento/calculos_de_helicoides_de_transpor_tador_helicoidal/1044-133030

ANEXOS

Anexo 1: Manual Martin screw conveyor (pág. 4 al 16)

Anexo 2: Catálogo SEW (pág. 60 al 75)

Anexo 3: Manual de cálculo de transporte sin fin



SECTION I

ENGINEERING SECTION I

Introduction to Engineering Section	H-4
Screw Conveyor Design Procedure	H-5
Material Classification Code Chart	H-6
Material Characteristics Tables	H-7
Selection of Conveyor Size and Speed	H-17
Capacity Factor Tables.....	H-18
Capacity Table	H-19
Lump Size Limitations and Table	H-20
Component Group Selection.....	H-21
Hanger Bearing Selection	H-23
Horsepower Calculation	H-24
Torsional Ratings of Conveyor Components	H-27
Horsepower Ratings of Conveyor Components	H-28
Screw Conveyor End Thrust and Thermal Expansion	H-29
Screw Conveyor Deflection	H-30
Inclined and Vertical Screw Conveyors	H-32
Screw Feeders	H-33

Introduction

The following section is designed to present the necessary engineering information to properly design and layout most conveyor applications. The information has been compiled from many years of experience in successful design and application and from industry standards.

We hope that the information presented will be helpful to you in determining the type and size of screw conveyor that will best suit your needs.

The “Screw Conveyor Design Procedure” on the following page gives ten step-by-step instructions for properly designing a screw conveyor. These steps, plus the many following tables and formulas throughout the engineering section will enable you to design and detail screw conveyor for most applications.

If your requirements present any complications not covered in this section, we invite you to contact our Engineering Department for recommendations and suggestions.



SCREW CONVEYOR DESIGN PROCEDURE

STEP 1	Establish Known Factors	<ol style="list-style-type: none"> 1. Type of material to be conveyed. 2. Maximum size of hard lumps. 3. Percentage of hard lumps by volume. 4. Capacity required, in cu.ft./hr. 5. Capacity required, in lbs./hr. 6. Distance material to be conveyed. 7. Any additional factors that may affect conveyor or operations.
STEP 2	Classify Material	Classify the material according to the system shown in Table 1-1. Or, if the material is included in Table 1-2, use the classification shown in Table 1-2.
STEP 3	Determine Design Capacity	Determine design capacity as described on pages H-17–H-19.
STEP 4	Determine Diameter and Speed	Using known capacity required in cu.ft./hr., material classification, and % trough loading (Table 1-2) determine diameter and speed from Table 1-6.
STEP 5	Check Minimum Screw Diameter for Lump Size Limitations	Using known screw diameter and percentage of hard lumps, check minimum screw diameter from Table 1-7.
STEP 6	Determine Type of Bearings	From Table 1-2, determine hanger bearing group for the material to be conveyed. Locate this bearing group in Table 1-11 for the type of bearing recommended.
STEP 7	Determine Horsepower	From Table 1-2, determine Horsepower Factor “F _m ” for the material to be conveyed. Refer to page H-24 and calculate horsepower by the formula method.
STEP 8	Check Torsional and/or Horsepower ratings of Standard Conveyor Components	Using required horsepower from step 7 refer to pages H-27 and H-28 to check capacities of standard conveyor pipe, shafts and coupling bolts.
STEP 9	Select Components	Select basic components from Tables 1-8, 1-9, and 1-10 in accordance with Component Group listed in Table 1-2 for the material to be conveyed. Select balance of components from the Components Section of catalogue.
STEP 10	Conveyor Layouts	Refer to pages H-40 and H-41 for typical layout details.





Table 1-1 Material Classification Code Chart



Major Class	Material Characteristics Included	Code Designation
Density	Bulk Density, Loose	Actual Lbs/PC
Size	Very Fine No. 200 Sieve (.0029") And Under No. 100 Sieve (.0059") And Under No. 40 Sieve (.016") And Under	A ₂₀₀ A ₁₀₀ A ₄₀
	Fine No. 6 Sieve (.132") And Under	B ₆
	Granular ½" And Under (6 Sieve to ½") 3" And Under (½ to 3") 7" And Under (3" to 7")	C _½ D ₃ D ₇
	Lumpy 16" And Under (0" to 16") Over 16" To Be Specified X=Actual Maximum Size	D ₁₆ D _X
	Irregular Stringy, Fibrous, Cylindrical, Slabs, Etc.	E
Flowability	Very Free Flowing	1
	Free Flowing	2
	Average Flowability	3
	Sluggish	4
Abrasiveness	Mildly Abrasive	5
	Moderately Abrasive	6
	Extremely Abrasive	7
Miscellaneous Properties Or Hazards	Builds Up and Hardens Generates Static Electricity Decomposes — Deteriorates in Storage Flammability Becomes Plastic or Tends to Soften Very Dusty Aerates and Becomes a Fluid Explosiveness Stickiness — Adhesion Contaminable, Affecting Use Degradable, Affecting Use Gives Off Harmful or Toxic Gas or Fumes Highly Corrosive Mildly Corrosive Hygroscopic Interlocks, Mats or Agglomerates Oils Present Packs Under Pressure Very Light and Fluffy — May Be Windswept Elevated Temperature	F G H J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

CONVEYORS





Table 1-2 Material Characteristics

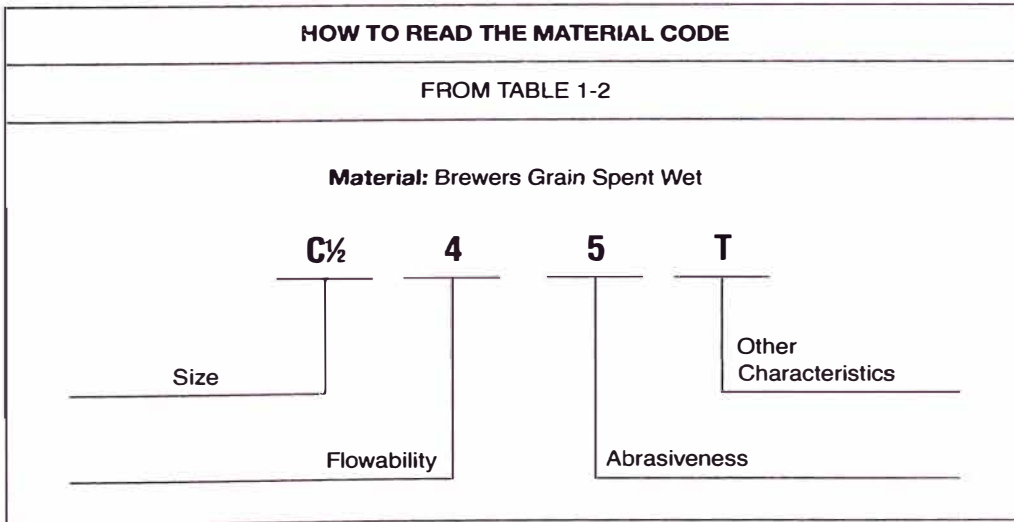
Material Characteristics

The material characteristics table (page H-8 or H-16) lists the following Design Data for many materials.

- A. The weight per cubic foot data may be used to calculate the required capacity of the conveyor in cubic feet per hour.
- B. The material code for each material is as described in Table 1-1, and as interpreted below.
- C. The Intermediate Bearing Selection Code is used to properly select the intermediate hanger bearing from Table 1-11 (Page H-23).
- D. The Component Series Code is used to determine the correct components to be used as shown on page H-22.
- E. The Material Factor F_m is used in determining horsepower as described on pages H-24 thru H-26.
- F. The Trough Loading column indicates the proper percent of cross section loading to use in determining diameter and speed of the conveyor.

For screw conveyor design purposes, conveyed materials are classified in accordance with the code system in Table 1-1, and listed in Table 1-2.

Table 1-2 lists many materials that can be effectively conveyed by a screw conveyor. If a material is not listed in Table 1-2, it must be classified according to Table 1-1 or by referring to a listed material similar in weight, particle size and other characteristics.



CONVEYORS





Table 1-2 Material Characteristics



Material	Weight lbs. per cu. ft.	Intermediate Material Code	Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor Fm	Trough Loading
Adipic Acid	45	A 100-35	S	2	.5	30A
Alfalfa Meal	14-22	B6-45WY	H	2	.6	30A
Alfalfa Pellets	41-43	C½-25	H	2	.5	45
Alfalfa Seed	6 10-15	B6-15N	L-S-B	1	.4	45
Almonds, Broken	27-30	C½-35Q	H	2	.9	30A
Almonds, Whole Shelled	28-30	C½-35Q	H	2	.9	30A
Alum, Fine	45-50	B6-35U	L-S-B	1	.6	30A
Alum, Lumpy	50-60	B6-25	L-S	2	1.4	45
Alumina	55-65	B6-27MY	H	3	1.8	15
Alumina, Fine	35	A100-27MY	H	3	1.6	15
Alumina Sized Or Briquette	65	D3-37	H	3	2.0	15
Aluminate Gel (Aluminate Hydroxide)	45	B6-35	H	2	1.7	30A
Aluminum Chips, Dry	7-15	E-45V	H	2	1.2	30A
Aluminum Chips, Oily	7-15	E-45V	H	2	.8	30A
Aluminum Hydrate	13-20	C½-35	L-S-B	1	1.4	30A
Aluminum Ore (See Bauxite)	—	—	—	—	—	—
Aluminum Oxide	60-120	A100-17M	H	3	1.8	15
Aluminum Silicate (Andalusite)	49	C½-35S	L-S	3	.8	30A
Aluminum Sulfate	45-58	C½-25	L-S-B	1	1.0	45
Ammonium Chloride, Crystalline	45-52	A100-45FRS	L-S	3	.7	30A
Ammonium Nitrate	45-62	A40-35NTU	H	3	1.3	30A
Ammonium Sulfate	45-58	C½-35FOTU	L-S	1	1.0	30A
Antimony Powder	—	A100-35	H	2	1.6	30A
Apple Pomace, Dry	15	C½-45Y	H	2	1.0	30A
Arsenate Of Lead (See Lead Arsenate)	—	—	—	—	—	—
Arsenic Oxide (Arsenolite)	100-120	A100-35R	L-S-B	—	—	30A
Arsenic Pulverized	30	A100-25R	H	2	.8	45
Asbestos — Rock (Ore)	81	D3-37R	H	3	1.2	15
Asbestos — Shredded	20-40	E-46XY	H	2	1.0	30B
Ash, Black Ground	105	B6-35	L-S-B	1	2.0	30A
Ashes, Coal, Dry — ½"	35-45	C½-46TY	H	3	3.0	30B
Ashes, Coal, Dry — 3"	35-40	D3-46T	H	3	2.5	30B
Ashes, Coal, Wet — ½"	45-50	C½-46T	H	3	3.0	30B
Ashes, Coal, Wet — 3"	45-50	D3-46T	H	3	4.0	30B
Ashes, Fly (See Fly Ash)	—	—	—	—	—	—
Asphalt, Crushed — ½"	45	C½-45	H	2	2.0	30A
Bagasse	7-10	E-45RVXY	L-S-B	2	1.5	30A
Bakelite, Fine	30-45	B6-25	L-S-B	1	1.4	45
Baking Powder	40-55	A100-35	S	1	.6	30A
Baking Soda (Sodium Bicarbonate)	40-55	A100-25	S	1	.6	45
Barite (Barium Sulfate) + ½" — 3"	120-180	D3-36	H	3	2.6	30B
Barite, Powder	120-180	A100-35X	H	2	2.0	30A
Barium Carbonate	72	A100-45R	H	2	1.6	30A
Bark, Wood, Refuse	10-20	E-45TVY	H	3	2.0	30A
Barley, Fine, Ground	24-38	B6-35	L-S-B	1	.4	30A
Barley, Malted	31	C½-35	L-S-B	1	.4	30A
Barley, Meal	28	C½-35	L-S-B	1	.4	30A
Barley, Whole	36-48	B6-25N	L-S-B	1	.5	45
Basalt	80-105	B6-27	H	3	1.8	15
Bauxite, Dry, Ground	68	B6-25	H	2	1.8	45
Bauxite, Crushed — 3"	75-85	D3-36	H	3	2.5	30B
Beans, Castor, Meal	35-40	B6-35W	L-S-B	1	.8	30A
Beans, Castor, Whole Shelled	36	C½-15W	L-S-B	1	.5	45
Beans, Navy, Dry	48	C½-15	L-S-B	1	.5	45
Beans, Navy, Steeped	60	C½-25	L-S-B	1	.8	45

CMAA/SYRRC





Table 1-2 Material Characteristics (Cont'd)

Material	Weight lbs. per cu. ft.	Intermediate Material Code	Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor Fm	Trough Loading
Bentonite, Crude	34-40	D3-45X	H	2	1.2	30A
Bentonite, -100 Mesh	50-60	A100-25MXY	H	2	.7	45
Benzene Hexachloride	56	A100-45R	L-S-B	1	.6	30A
Bicarbonate of Soda (Baking Soda)	—	—	S	1	.6	—
Blood, Dried	35-45	D3-45U	H	2	2.0	30A
Blood, Ground, Dried	30	A100-35U	L-S	1	1.0	30A
Bone Ash (Tricalcium Phosphate)	40-50	A100-45	L-S	1	1.6	30A
Boneblack	20-25	A100-25Y	L-S	1	1.5	45
Bonechar	27-40	B6-35	L-S	1	1.6	30A
Bonemeal	50-60	B6-35	H	2	1.7	30A
Bones, Whole*	35-50	E-45V	H	2	3.0	30A
Bones, Crushed	35-50	D3-45	H	2	2.0	30A
Bones, Ground	50	B6-35	H	2	1.7	30A
Borate of Lime	60	A100-35	L-S-B	1	.6	30A
Borax, Fine	45-55	B6-25T	H	3	.7	30B
Borax Screening — ½"	55-60	C½-35	H	2	1.5	30A
Borax, 1½"-2" Lump	55-60	D3-35	H	2	1.8	30A
Borax, 2"-3" Lump	60-70	D3-35	H	2	2.0	30A
Boric Acid, Fine	55	B6-25T	H	3	.8	30A
Boron	75	A100-37	H	2	1.0	30B
Bran, Rice — Rye — Wheat	16-20	B6-35NY	L-S-B	1	.5	30A
Braunite (Manganese Oxide)	120	A100-36	H	2	2.0	30B
Bread Crumbs	20-25	B6-35PQ	L-S-B	1	.6	30A
Brewer's Grain, Spent, Dry	14-30	C½-45	L-S-B	1	.5	30A
Brewer's Grain, Spent, Wet	55-60	C½-45T	L-S	2	.8	30A
Brick, Ground — ½"	100-120	B6-37	H	3	2.2	15
Bronze Chips	30-50	B6-45	H	2	2.0	30A
Buckwheat	37-42	B6-25N	L-S-B	1	.4	45
Calcine, Flour	75-85	A100-35	L-S-B	1	.7	30A
Calcium Carbide	70-90	D3-25N	H	2	2.0	30A
Calcium Carbonate (See Limestone)	—	—	—	—	—	—
Calcium Fluoride (See Fluorspar)	—	—	—	—	—	—
Calcium Hydrate (See Lime, Hydrated)	—	—	—	—	—	—
Calcium Hydroxide (See Lime, Hydrated)	—	—	—	—	—	—
Calcium Lactate	26-29	D3-45QTR	L-S	2	.6	30A
Calcium Oxide (See Lime, Unslaked)	—	—	—	—	—	—
Calcium Phosphate	40-50	A100-45	L-S-B	1	1.6	30A
Calcium Sulfate (See Gypsum)	—	—	—	—	—	—
Carbon, Activated, Dry Fine*	—	—	—	—	—	—
Carbon Black, Pelleted*	—	—	—	—	—	—
Carbon Black, Powder*	—	—	—	—	—	—
Carborundum	100	D3-27	H	3	3.0	15
Casein	36	B6-35	H	2	1.6	30A
Cashew Nuts	32-37	C½-45	H	2	.7	30A
Cast Iron, Chips	130-200	C½-45	H	2	4.0	30A
Caustic Soda	88	B6-35RSU	H	3	1.8	30A
Caustic Soda, Flakes	47	C½-45RSUX	L-S	3	1.5	30A
Celite (See Diatomaceous Earth)	—	—	—	—	—	—
Cement, Clinker	75-95	D3-36	H	3	1.8	30B
Cement, Mortar	133	B6-35Q	H	3	3.0	30A
Cement, Portland	94	A100-26M	H	2	1.4	30B
Cement, Aerated (Portland)	60-75	A100-16M	H	2	1.4	30B
Cerrusite (See Lead Carbonate)	—	—	—	—	—	—
Chalk, Crushed	75-95	D3-25	H	2	1.9	30A
Chalk, Pulverized	67-75	A100-25MXY	H	2	1.4	45
Charcoal, Ground	18-28	A100-45	H	2	1.2	30A

CONVEYORS





Table 1-2 Material Characteristics (Cont'd)



Material	Weight lbs. per cu. ft.	Intermediate Material Code	Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor Fm	Trough Loading
Charcoal, Lumps	18-28	D3-45Q	H	2	1.4	30A
Chocolate, Cake Pressed	40-45	D3-25	S	2	1.5	30A
Chrome Ore	125-140	D3-36	H	3	2.5	30B
Cinders, Blast Furnace	57	D3-36T	H	3	1.9	30B
Cinders, Coal	40	D3-36T	H	3	1.8	30B
Clay (See Bentonite, Diatomaceous Earth, Fuller's Earth, Kaolin & Marl)	—	—	—	—	—	—
Clay, Ceramic, Dry, Fines	60-80	A100-35P	L-S-B	1	1.5	30A
Clay, Calcined	80-100	B6-36	H	3	2.4	30B
Clay, Brick, Dry, Fines	100-120	C½-36	H	3	2.0	30B
Clay, Dry, Lumpy	60-75	D3-35	H	2	1.8	30A
Clinker, Cement (See Cement Clinker)	—	—	—	—	—	—
Clover Seed	45-48	B6-25N	L-S-B	1	.4	45
Coal, Anthracite (River & Culm)	55-61	B6-35TY	L-S	2	1.0	30A
Coal, Anthracite, Sized-½"	49-61	C½-25	L-S	2	1.0	45
Coal, Bituminous, Mined	40-60	D3-35LNXY	L-S	1	.9	30A
Coal, Bituminous, Mined, Sized	45-50	D3-35QV	L-S	1	1.0	30A
Coal, Bituminous, Mined, Slack	43-50	C½-45T	L-S	2	.9	30A
Coal, Lignite	37-45	D3-35T	H	2	1.0	30A
Cocoa Beans	30-45	C½-25Q	L-S	1	.5	45
Cocoa, Nibs	35	C½-25	H	2	.5	45
Cocoa, Powdered	30-35	A100-45XY	S	1	.9	30A
Cocoanut, Shredded	20-22	E-45	S	2	1.5	30A
Coffee, Chaff	20	B6-25MY	L-S	1	1.0	45
Coffee, Green Bean	25-32	C½-25PQ	L-S	1	.5	45
Coffee, Ground, Dry	25	A40-35P	L-S	1	.6	30A
Coffee, Ground, Wet	35-45	A40-45X	L-S	1	.6	30A
Coffee, Roasted Bean	20-30	C½-25PQ	S	1	.4	45
Coffee, Soluble	19	A40-35PUY	S	1	.4	45
Coke, Breeze	25-35	C½-37	H	3	1.2	15
Coke, Loose	23-35	D7-37	H	3	1.2	15
Coke, Petrol, Calcined	35-45	D7-37	H	3	1.3	15
Compost	30-50	D7-45TV	L-S	3	1.0	30A
Concrete, Pre-Mix Dry	85-120	C½-36U	H	3	3.0	30B
Copper Ore	120-150	DX-36	H	3	4.0	30B
Copper Ore, Crushed	100-150	D3-36	H	3	4.0	30B
Copper Sulphate, (Bluestone)	75-95	C½-35S	L-S	2	1.0	30A
Copperas (See Ferrous Sulphate)	—	—	—	—	—	—
Copra, Cake Ground	40-45	B6-45HW	L-S-B	1	.7	30A
Copra, Cake, Lumpy	25-30	D3-35HW	L-S-B	2	.8	30A
Copra, Lumpy	22	E-35HW	L-S-B	2	1.0	30A
Copra, Meal	40-45	B6-35HW	H	2	.7	30A
Cork, Fine Ground	5-15	B6-35JNY	L-S-B	1	.5	30A
Cork, Granulated	12-15	C½-35JY	L-S-B	1	.5	30A
Com, Cracked	40-50	B6-25P	L-S-B	1	.7	45
Com Cobs, Ground	17	C½-25Y	L-S-B	1	.6	45
Com Cobs, Whole*	12-15	E-35	L-S	2		30A
Com Ear*	56	E-35	L-S	2		30A
Com Germ	21	B6-35PY	L-S-B	1	.4	30A
Com Grits	40-45	B6-35P	L-S-B	1	.5	30A
Commeal	32-40	B6-35P	L-S	1	.5	30A
Com Oil, Cake	25	D7-45HW	L-S	1	.6	30A
Com Seed	45	C½-25PQ	L-S-B	1	.4	45
Com Shelled	45	C½-25	L-S-B	1	.4	45
Com Sugar	30-35	B6-35PU	S	1	1.0	30A
Cottonseed, Cake, Crushed	40-45	C½-45HW	L-S	1	1.0	30A



Table 1-2 Material Characteristics (Cont'd)

Material	Weight lbs. per cu. ft.	Intermediate Material Code	Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor Fm	Trough Loading
Cottonseed, Cake, Lumpy	40-45	D7-45HW	L-S	2	1.0	30A
Cottonseed, Dry, Delinted	22-40	C½-25X	L-S	1	.6	45
Cottonseed, Dry, Not Delinted	18-25	C½-45XY	L-S	1	.9	30A
Cottonseed, Flakes	20-25	C½-35HWY	L-S	1	.8	30A
Cottonseed, Hulls	12	B6-35Y	L-S	1	.9	30A
Cottonseed, Meal, Expeller	25-30	B6-45HW	L-S	3	.5	30A
Cottonseed, Meal, Extracted	35-40	B6-45HW	L-S	1	.5	30A
Cottonseed, Meats, Dry	40	B6-35HW	L-S	1	.6	30A
Cottonseed, Meats, Rolled	35-40	C½-45HW	L-S	1	.6	30A
Cracklings, Crushed	40-50	D3-45HW	L-S-B	2	1.3	30A
Cryolite, Dust	75-90	A100-36L	H	2	2.0	30B
Cryolite, Lumpy	90-110	D16-36	H	2	2.1	30B
Cullet, Fine	80-120	C½-37	H	3	2.0	15
Cullet, Lump	80-120	D16-37	H	3	2.5	15
Culm, (See Coal, Anthracite)	—	—	—	—	—	—
Cupric Sulphate (Copper Sulfate)	—	—	—	—	—	—
Detergent (See Soap Detergent)	—	—	—	—	—	—
Diatomaceous Earth	11-17	A40-36Y	H	3	1.6	30B
Dicalcium Phosphate	40-50	A40-35	L-S-B	1	1.6	30A
Disodium Phosphate	25-31	A40-35	H	3	.5	30A
Distiller's Grain, Spent Dry	30	B6-35	H	2	.5	30A
Distiller's Grain, Spent Wet	40-60	C½-45V	L-S	3	.8	30A
Dolomite, Crushed	80-100	C½-36	H	2	2.0	30B
Dolomite, Lumpy	90-100	DX-36	H	2	2.0	30B
Earth, Loam, Dry, Loose	76	C½-36	H	2	1.2	30B
Ebonite, Crushed	63-70	C½-35	L-S-B	1	.8	30A
Egg Powder	16	A40-35MPY	S	1	1.0	30A
Epsom Salts (Magnesium Sulfate)	40-50	A40-35U	L-S-B	1	.8	30A
Feldspar, Ground	65-80	A100-37	H	2	2.0	15
Feldspar, Lumps	90-100	D7-37	H	2	2.0	15
Feldspar, Powder	100	A200-36	H	2	2.0	30B
Feldspar, Screenings	75-80	C½-37	H	2	2.0	15
Ferrous Sulfide — ½"	120-135	C½-26	H	2	2.0	30B
Ferrous Sulfide — 100M	105-120	A100-36	H	2	2.0	30B
Ferrous Sulphate	50-75	C½-35U	H	2	1.0	30A
Fish Meal	35-40	C½-45HP	L-S-B	1	1.0	30A
Fish Scrap	40-50	D7-45H	L-S-B	2	1.5	30A
Flaxseed	43-45	B6-35X	L-S-B	1	.4	30A
Flaxseed Cake (Linseed Cake)	48-50	D7-45W	L-S	2	.7	30A
Flaxseed Meal (Linseed Meal)	25-45	B6-45W	L-S	1	.4	30A
Flour Wheat	33-40	A40-45LP	S	1	.6	30A
Flue Dust, Basic Oxygen Furnace	45-60	A40-36LM	H	3	3.5	30B
Flue Dust, Blast Furnace	110-125	A40-36	H	3	3.5	30B
Flue Dust, Boiler H. Dry	30-45	A40-36LM	H	3	2.0	30B
Fluorspar, Fine (Calcium Fluoride)	80-100	B6-36	H	2	2.0	30B
Fluorspar, Lumps	90-110	D7-36	H	2	2.0	30B
Fly Ash	30-45	A40-36M	H	3	2.0	30B
Foundry Sand, Dry (See Sand)	—	—	—	—	—	—
Fuller's Earth, Dry, Raw	30-40	A40-25	H	2	2.0	15
Fuller's Earth, Oily, Spent	60-65	C½-450W	H	3	2.0	30A
Fuller's Earth, Calcined	40	A100-25	H	3	2.0	15
Galena (See Lead Sulfide)	—	—	—	—	—	—
Gelatine, Granulated	32	B6-35PU	S	1	.8	30A
Gilsonite	37	C½-35	H	3	1.5	30A
Glass, Batch	80-100	C½-37	H	3	2.5	15
Glue, Ground	40	B6-45U	H	2	1.7	30A

CONVEYORS





Table 1-2 Material Characteristics (Cont'd)



Material	Weight lbs. per cu. ft.	Intermediate Material Code	Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor Fm	Trough Loading
Glue, Pearl	40	C½-35U	L-S-B	1	.5	30A
Glue, Veg. Powdered	40	A40-45U	L-S-B	1	.6	30A
Gluten, Meal	40	B6-35P	L-S	1	.6	30A
Granite, Fine	80-90	C½-27	H	3	2.5	15
Grape Pomace	15-20	D3-45U	H	2	1.4	30A
Graphite Flake	40	B6-25LP	L-S-B	1	.5	45
Graphite Flour	28	A100-35LMP	L-S-B	1	.5	30A
Graphite Ore	65-75	DX-35L	H	2	1.0	30A
Guano Dry*	70	C½-35	L-S	3	2.0	30A
Gypsum, Calcined	55-60	B6-35U	H	2	1.6	30A
Gypsum, Calcined, Powdered	60-80	A100-35U	H	2	2.0	30A
Gypsum, Raw — 1"	70-80	D3-25	H	2	2.0	30A
Hay, Chopped*	8-12	C½-35JY	L-S	2	1.6	30A
Hexanedioic Acid (See Adipic Acid)	—	—	—	—	—	—
Hominy, Dry	35-50	C½-25	L-S-B	1	.4	45
Hops, Spent, Dry	35	D3-35	L-S-B	2	1.0	30A
Hops, Spent, Wet	50-55	D3-45V	L-S	2	1.5	30A
Ice, Crushed	35-45	D3-35Q	L-S	2	.4	30A
Ice, Flaked*	40-45	C½-35Q	S	1	.6	30A
Ice, Cubes	33-35	D3-35Q	S	1	.4	30A
Ice, Shell	33-35	D3-45Q	S	1	.4	30A
Ilmenite Ore	140-160	D3-37	H	3	2.0	15
Iron Ore Concentrate	120-180	A40-37	H	3	2.2	15
Iron Oxide Pigment	25	A100-36LMP	H	2	1.0	30B
Iron Oxide, Millscale	75	C½-36	H	2	1.6	30B
Iron Pyrites (See Ferrous Sulfide)	—	—	—	—	—	—
Iron Sulphate (See Ferrous Sulfate)	—	—	—	—	—	—
Iron Sulfide (See Ferrous Sulfide)	—	—	—	—	—	—
Iron Vitriol (See Ferrous Sulfate)	—	—	—	—	—	—
Kafir (Corn)	40-45	C½-25	H	3	.5	45
Kaolin Clay	63	D3-25	H	2	2.0	30A
Kaolin Clay-Talc	32-56	A40-35LMP	H	2	2.0	30A
Kryolith (See Cryolite)	—	—	—	—	—	—
Lactose	32	A40-35PU	S	1	.6	30A
Lamp Black (See Carbon Black)	—	—	—	—	—	—
Lead Arsenate	72	A40-35R	L-S-B	1	1.4	30A
Lead Arsenite	72	A40-35R	L-S-B	1	1.4	30A
Lead Carbonate	240-260	A40-35R	H	2	1.0	30A
Lead Ore — ½"	200-270	B6-35	H	3	1.4	30A
Lead Ore — ¼"	180-230	C½-36	H	3	1.4	30B
Lead Oxide (Red Lead) — 100 Mesh	30-150	A100-35P	H	2	1.2	30A
Lead Oxide (Red Lead) — 200 Mesh	30-180	A200-35LP	H	2	1.2	30A
Lead Sulphide — 100 Mesh	240-260	A100-35R	H	2	1.0	30A
Lignite (See Coal Lignite)	—	—	—	—	—	—
Limanite, Ore, Brown	120	C½-47	H	3	1.7	15
Lime, Ground, Unslaked	60-65	B6-35U	L-S-B	1	.6	30A
Lime Hydrated	40	B6-35LM	H	2	.8	30A
Lime, Hydrated, Pulverized	32-40	A40-35LM	L-S	1	.6	30A
Lime, Pebble	53-56	C½-25HU	L-S	2	2.0	45
Limestone, Agricultural	68	B6-35	H	2	2.0	30A
Limestone, Crushed	85-90	DX-36	H	2	2.0	30B
Limestone, Dust	55-95	A40-46MY	H	2	1.6-2.0	30B
Lindane (Benzene Hexachloride)	—	—	—	—	—	—
Linseed (See Flaxseed)	—	—	—	—	—	—
Litharge (Lead Oxide)	—	—	—	—	—	—
Lithopone	45-50	A325-35MR	L-S	1	1.0	30A

CONVEYORS





Table 1-2 Material Characteristics (Cont'd)

Material	Weight lbs. per cu. ft.	Intermediate Material Code	Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor Fm	Trough Loading
Maize (See Milo)	—	—	—	—	—	—
Malt, Dry, Ground	20-30	B6-35NP	L-S-B	1	.5	30A
Malt, Meal	36-40	B6-25P	L-S-B	1	.4	45
Malt, Dry Whole	20-30	C½-35N	L-S-B	1	.5	30A
Malt, Sprouts	13-15	C½-35P	L-S-B	1	.4	30A
Magnesium Chloride (Magneslite)	33	C½-45	L-S	1	1.0	30A
Manganese Dioxide*	70-85	A100-35NRT	L-S	2	1.5	30A
Manganese Ore	125-140	DX-37	H	3	2.0	15
Manganese Oxide	120	A100-36	H	2	2.0	30B
Manganese Sulfate	70	C½-37	H	3	2.4	15
Marble, Crushed	80-95	B6-37	H	3	2.0	15
Marl, (Clay)	80	DX-36	H	2	1.6	30B
Meat, Ground	50-55	E-45HQT X	L-S	2	1.5	30A
Meat, Scrap (W/bone)	40	E-46H	H	2	1.5	30B
Mica, Flakes	17-22	B6-16MY	H	2	1.0	30B
Mica, Ground	13-15	B6-36	H	2	.9	30B
Mica, Pulverized	13-15	A100-36M	H	2	1.0	30B
Milk, Dried, Flake	5-6	B6-35PUY	S	1	.4	30A
Milk, Malted	27-30	A40-45PX	S	1	.9	30A
Milk, Powdered	20-45	B6-25PM	S	1	.5	45
Milk Sugar	32	A100-35PX	S	1	.6	30A
Milk, Whole, Powdered	20-36	B6-35PUX	S	1	.5	30A
Mill Scale (Steel)	120-125	E-46T	H	3	3.0	30B
Milo, Ground	32-36	B6-25	L-S-B	1	.5	45
Milo Maize (Kafir)	40-45	B6-15N	L-S-B	1	.4	45
Molybdenite Powder	107	B6-26	H	2	1.5	30B
Monosodium Phosphate	50	B6-36	H	2	.6	30B
Mortar, Wet*	150	E-46T	H	3	3.0	30B
Mustard Seed	45	B6-15N	L-S-B	1	.4	45
Naphthalene Flakes	45	B6-35	L-S-B	1	.7	30A
Niacin (Nicotinic Acid)	35	A40-35P	H	2	2.5	30A
Oats	26	C½-25MN	L-S-B	1	.4	45
Oats, Crimped	19-26	C½-35	L-S-B	1	.5	30A
Oats, Crushed	22	B6-45NY	L-S-B	1	.6	30A
Oats, Flour	35	A100-35	L-S-B	1	.5	30A
Oat Hulls	8-12	B6-35NY	L-S-B	1	.5	30A
Oats, Rolled	19-24	C½-35NY	L-S-B	1	.6	30A
Oleo Margarine (Margarine)	59	E-45HKPW X	L-S	2	.4	30A
Orange Peel, Dry	15	E-45	L-S	2	1.5	30A
Oxalic Acid Crystals — Ethane Diacid Crystals	60	B6-35QS	L-S	1	1.0	30A
Oyster Shells, Ground	50-60	C½-36T	H	3	1.6-2.0	30B
Oyster Shells, Whole	80	D3-36TV	H	3	2.1-2.5	30B
Paper Pulp (4% or less)	62	E-45	L-S	2	1.5	30A
Paper Pulp (6% to 15%)	60-62	E-45	L-S	2	1.5	30A
Paraffin Cake — ½"	45	C½-45K	L-S	1	.6	30A
Peanuts, Clean, in shell	15-20	D3-35Q	L-S	2	.6	30A
Peanut Meal	30	B6-35P	S	1	.6	30A
Peanuts, Raw, Uncleaned (unshelled)	15-20	D3-36Q	H	3	.7	30B
Peanuts, Shelled	35-45	C½-35Q	S	1	.4	30A
Peas, Dried	45-50	C½-15NQ	L-S-B	1	.5	45
Perlite — Expanded	8-12	C½-36	H	2	.6	30B
Phosphate Acid Fertilizer	60	B6-25T	L-S	2	1.4	45
Phosphate Disodium (See Sodium Phosphate)	—	—	—	—	—	—
Phosphate Rock, Broken	75-85	DX-36	H	2	2.1	30B
Phosphate Rock, Pulverized	60	B6-36	H	2	1.7	30B

CONVEYORS





Table 1-2 Material Characteristics (Cont'd)



Material	Weight lbs. per cu. ft.	Intermediate Material Code	Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor Fm	Trough Loading
Phosphate Sand	90-100	B6-37	H	3	2.0	15
Plaster of Paris (See Gypsum)	—	—	—	—	—	—
Plumbago (See Graphite)	—	—	—	—	—	—
Polystyrene Beads	40	B6-35PQ	S	1	.4	30A
Polyvinyl, Chloride Powder	20-30	A100-45KT	S	2	1.0	30A
Polyvinyl, Chloride Pellets	20-30	E-45KPQT	S	1	.6	30A
Polyethylene, Resin Pellets	30-35	C½-45Q	L-S	1	.4	30A
Potash (Muriate) Dry	70	B6-37	H	3	2.0	15
Potash (Muriate) Mine Run	75	DX-37	H	3	2.2	15
Potassium Carbonate	51	B6-36	H	2	1.0	30B
Potassium Chloride Pellets	120-130	C½-25TU	H	3	1.6	45
Potassium Nitrate — ½"	76	C½-16NT	H	3	1.2	30B
Potassium Nitrate — ¼"	80	B6-26NT	H	3	1.2	30B
Potassium Sulfate	42-48	B6-46X	H	2	1.0	30B
Potato Flour	48	A200-35MNP	L-S	1	.5	30A
Pumice — ¼"	42-48	B6-46	H	3	1.6	30B
Pyrite, Pellets	120-130	C½-26	H	3	2.0	30B
Quartz — 100 Mesh	70-80	A100-27	H	3	1.7	15
Quartz — ½"	80-90	C½-27	H	3	2.0	15
Rice, Bran	20	B6-35NY	L-S-B	1	.4	30A
Rice, Grits	42-45	B6-35P	L-S-B	1	.4	30A
Rice, Polished	30	C½-15P	L-S-B	1	.4	45
Rice, Hulled	45-49	C½-25P	L-S-B	1	.4	45
Rice, Hulls	20-21	B6-35NY	L-S-B	1	.4	30A
Rice, Rough	32-36	C½-35N	L-S-B	1	.6	30A
Rosin — ½"	65-68	C½-45Q	L-S-B	1	1.5	30A
Rubber, Reclaimed Ground	23-50	C½-45	L-S-B	1	.8	30A
Rubber, Pelleted	50-55	D3-45	L-S-B	2	1.5	30A
Rye	42-48	B6-15N	L-S-B	1	.4	45
Rye Bran	15-20	B6-35Y	L-S-B	1	.4	45
Rye Feed	33	B6-35N	L-S-B	1	.5	30A
Rye Meal	35-40	B6-35	L-S-B	1	.5	30A
Rye Middlings	42	B6-35	L-S	1	.5	30A
Rye, Shorts	32-33	C½-35	L-S	2	.5	30A
Safflower, Cake	50	D3-26	H	2	.6	30B
Safflower, Meal	50	B6-35	L-S-B	1	.6	30A
Safflower Seed	45	B6-15N	L-S-B	1	.4	45
Saffron (See Safflower)	—	—	—	—	—	—
Salt Ammoniac (Ammonium Chloride)	—	—	—	—	—	—
Salt Cake, Dry Coarse	85	B6-36TU	H	3	2.1	30B
Salt Cake, Dry Pulverized	65-85	B6-36TU	H	3	1.7	30B
Salicylic Acid	29	B6-37U	H	3	.6	15
Salt, Dry Coarse	45-60	C½-36TU	H	3	1.0	30B
Salt, Dry Fine	70-80	B6-36TU	H	3	1.7	30B
Saltpeter — (See Potassium Nitrate)	—	—	—	—	—	—
Sand Dry Bank (Damp)	110-130	B6-47	H	3	2.8	15
Sand Dry Bank (Dry)	90-110	B6-37	H	3	1.7	15
Sand Dry Silica	90-100	B6-27	H	3	2.0	15
Sand Foundry (Shake Out)	90-100	D3-37Z	H	3	2.6	15
Sand (Resin Coated) Silica	104	B6-27	H	3	2.0	15
Sand (Resin Coated) Zircon	115	A100-27	H	3	2.3	15
Sawdust, Dry	10-13	B6-45UX	L-S-B	1	1.4	15
Sea — Coal	65	B6-36	H	2	1.0	30B
Sesame Seed	27-41	B6-26	H	2	.6	30B
Shale, Crushed	85-90	C½-36	H	2	2.0	30B
Shellac, Powdered or Granulated	31	B6-35P	S	1	.6	30A

CONVEYORS





Table 1-2 Material Characteristics (Cont'd)

Material	Weight lbs. per cu. ft.	Material Code	Intermediate Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor F _c	Trough Loading
Silicon Dioxide (See Quartz)	—	—	—	—	—	—
Silica, Flour	80	A40-46	H	2	1.5	30B
Silica Gel + ½" - 3"	45	D3-37HKQU	H	3	2.0	15
Slag, Blast Furnace Crushed	130-180	D3-37Y	H	3	2.4	15
Slag, Furnace Granular, Dry	60-65	C½-37	H	3	2.2	15
Slate, Crushed, — ½"	80-90	C½-36	H	2	2.0	30B
Slate, Ground, — ½"	82-85	B6-36	H	2	1.6	30B
Sludge, Sewage, Dried	40-50	E-47TW	H	3	.8	15
Sludge, Sewage, Dry Ground	45-55	B-46S	H	2	.8	30B
Soap, Beads or Granules	15-35	B6-35Q	L-S-B	1	.6	30A
Soap, Chips	15-25	C½-35Q	L-S-B	1	.6	30A
Soap Detergent	15-50	B6-35FQ	L-S-B	1	.8	30A
Soap, Flakes	5-15	B6-35QXY	L-S-B	1	.6	30A
Soap, Powder	20-25	B6-25X	L-S-B	1	.9	45
Soapstone, Talc, Fine	40-50	A200-45XY	L-S-B	1	2.0	30A
Soda Ash, Heavy	55-65	B6-36	H	2	2.0	30B
Soda Ash, Light	20-35	A40-36Y	H	2	1.6	30B
Sodium Aluminate, Ground	72	B6-36	H	2	1.0	30B
Sodium Aluminum Fluoride (See Kryolite)	—	—	—	—	—	—
Sodium Aluminum Sulphate*	75	A100-36	H	2	1.0	30B
Sodium Bentonite (See Bentonite)	—	—	—	—	—	—
Sodium Bicarbonate (See Baking Soda)	—	—	—	—	—	—
Sodium Chloride (See Salt)	—	—	—	—	—	—
Sodium Carbonate (See Soda Ash)	—	—	—	—	—	—
Sodium Hydrate (See Caustic Soda)	—	—	—	—	—	—
Sodium Hydroxide (See Caustic Soda)	—	—	—	—	—	—
Sodium Borate (See Borax)	—	—	—	—	—	—
Sodium Nitrate	70-80	D3-25NS	L-S	2	1.2	30A
Sodium Phosphate	50-60	A-35	L-S	1	.9	30A
Sodium Sulfate (See Salt Cake)	—	—	—	—	—	—
Sodium Sulfite	96	B6-46X	H	2	1.5	30B
Sorghum, Seed (See Kafir or Milo)	—	—	—	—	—	—
Soybean, Cake	40-43	D3-35W	L-S-B	2	1.0	30A
Soybean, Cracked	30-40	C½-36NW	H	2	.5	30B
Soybean, Flake, Raw	18-25	C½-35Y	L-S-B	1	.8	30A
Soybean, Flour	27-30	A40-35MN	L-S-B	1	.8	30A
Soybean Meal, Cold	40	B6-35	L-S-B	1	.5	30A
Soybean Meal Hot	40	B6-35T	L-S	2	.5	30A
Soybeans, Whole	45-50	C½-26NW	H	2	1.0	30B
Starch	25-50	A40-15M	L-S-B	1	1.0	45
Steel Turnings, Crushed	100-150	D3-46WV	H	3	3.0	30B
Sugar Beet, Pulp, Dry	12-15	C½-26	H	2	.9	30B
Sugar Beet, Pulp, Wet	25-45	C½-35X	L-S-B	1	1.2	30A
Sugar, Refined, Granulated Dry	50-55	B6-35PU	S	1	1.0-1.2	30A
Sugar, Refined, Granulated Wet	55-65	C½-35X	S	1	1.4-2.0	30A
Sugar, Powdered	50-60	A100-35PX	S	1	.8	30A
Sugar, Raw	55-65	B6-35PX	S	1	1.5	30A
Sulphur, Crushed — ½"	50-60	C½-35N	L-S	1	.8	30A
Sulphur, Lumpy, — 3"	80-85	D3-35N	L-S	2	.8	30A
Sulphur, Powdered	50-60	A40-35MN	L-S	1	.6	30A
Sunflower Seed	19-38	C½-15	L-S-B	1	.5	45
Talcum, — ½"	80-90	C½-36	H	2	.9	30B
Talcum Powder	50-60	A200-36M	H	2	.8	30B
Tanbark, Ground*	55	B6-45	L-S-B	1	.7	30A
Timothy Seed	36	B6-35NY	L-S-B	1	.6	30A
Titanium Dioxide (See Ilmenite Ore)	—	—	—	—	—	—

CONVEYORS



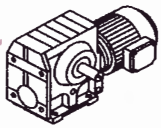


Table 1-2 Material Characteristics (Cont'd)

Material	Weight lbs. per cu. ft.	Material Code	Intermediate Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor F _a	Trough Loading
Tobacco, Scraps	15-25	D3-45Y	L-S	2	.8	30A
Tobacco, Snuff	30	B6-45MQ	L-S-B	1	.9	30A
Tricalcium Phosphate	40-50	A40-45	L-S	1	1.6	30A
Triple Super Phosphate	50-55	B6-36RS	H	3	2.0	30B
Trisodium Phosphate	60	C½-36	H	2	1.7	30B
Trisodium Phosphate Granular	60	B6-36	H	2	1.7	30B
Trisodium Phosphate, Pulverized	50	A40-36	H	2	1.6	30B
Tung Nut Meats, Crushed	28	D3-25W	L-S	2	.8	30A
Tung Nuts	25-30	D3-15	L-S	2	.7	30A
Urea Prills, Coated	43-46	B6-25	L-S-B	1	1.2	45
Vermiculite, Expanded	16	C½-35Y	L-S	1	.5	30A
Vermiculite, Ore	80	D3-36	H	2	1.0	30B
Vetch	48	B6-16N	L-S-B	1	.4	30B
Walnut Shells, Crushed	35-45	B6-36	H	2	1.0	30B
Wheat	45-48	C½-25N	L-S-B	1	.4	45
Wheat, Cracked	40-45	B6-25N	L-S-B	1	.4	45
Wheat, Germ	18-28	B6-25	L-S-B	1	.4	45
White Lead, Dry	75-100	A40-36MR	H	2	1.0	30B
Wood Chips, Screened	10-30	D3-45VY	L-S	2	.6	30A
Wood Flour	16-36	B6-35N	L-S	1	.4	30A
Wood Shavings	8-16	E-45VY	L-S	2	1.5	30A
Zinc, Concentrate Residue	75-80	B6-37	H	3	1.0	15
Zinc Oxide, Heavy	30-35	A100-45X	L-S	1	1.0	30A
Zinc Oxide, Light	10-15	A100-45XY	L-S	1	1.0	30A

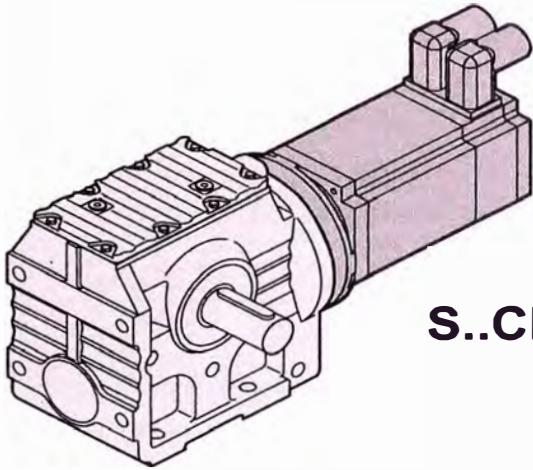
*Consult Factory



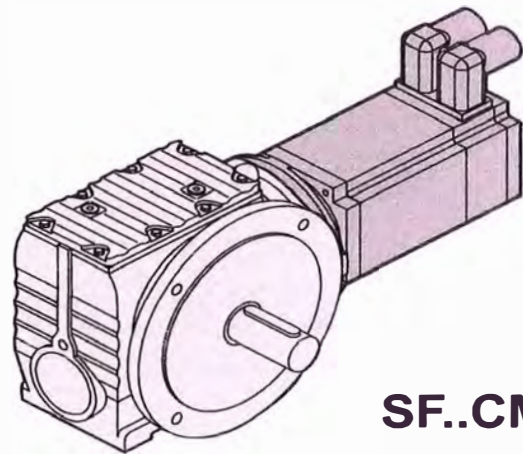


Helical-Worm Gearmotors – S-Series Gear Units Variants

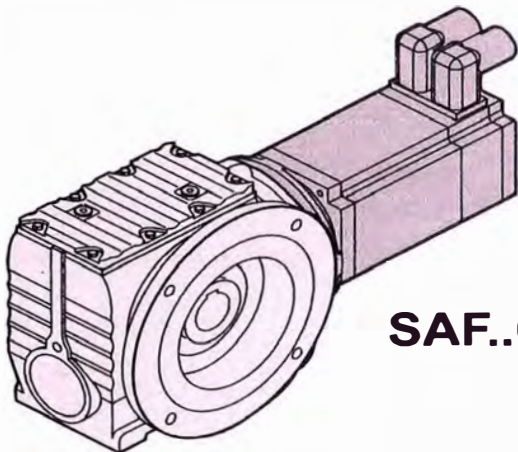
Helical-Worm Gearmotors – S-Series Gear Units Variants



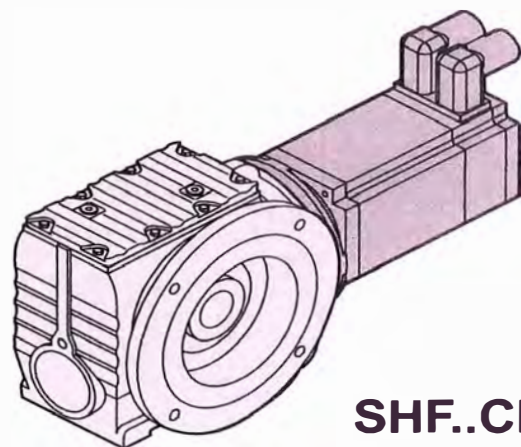
S..CMP..



SF..CMP..

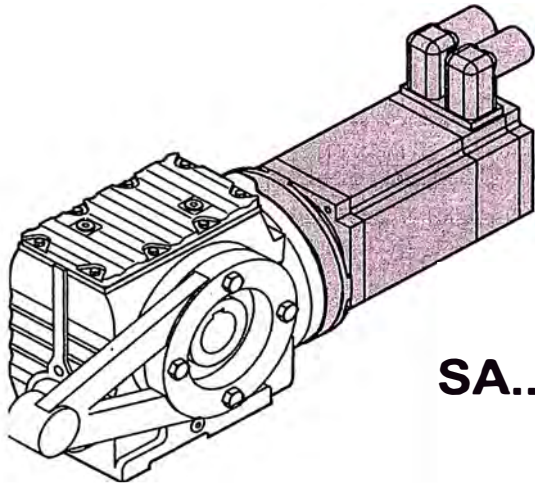
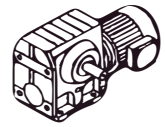


SAF..CMP..

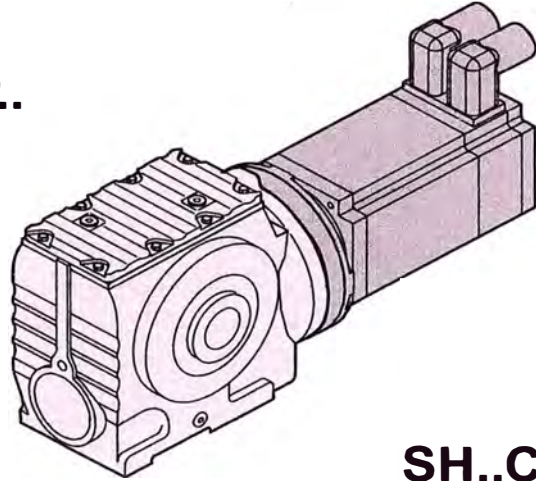


SHF..CMP..

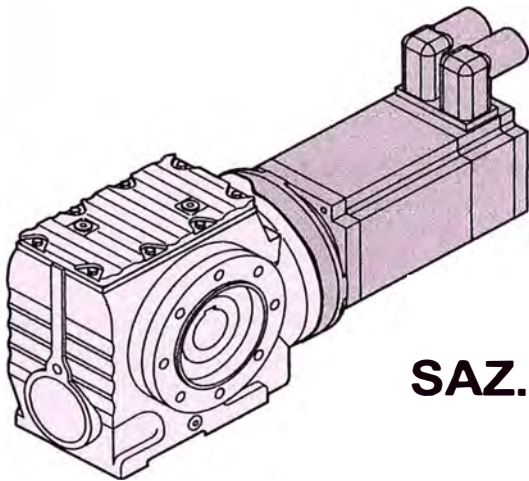
65965axx



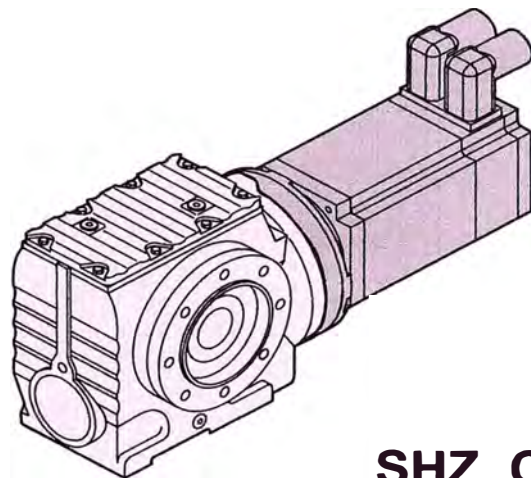
SA../T CMP..



SH..CMP..

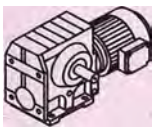


SAZ..CMP..



SHZ..CMP..

65966axx



Helical-Worm Gearmotors – S-Series Gear Units

S47 – 57/CMP – selection tables, dimension sheets

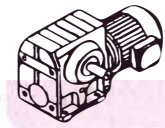
6.2 S47 – 57/CMP – selection tables, dimension sheets


6.2.1 S 47


M _{aDyn} [Nm]		CMP								
i	50S	50M	50L	63S	63M	63L	71S	71M	80S	
4.00	19	37	55	40	>72	>72	69	>72	>72	
4.76	22	44	66	48	>87	>87	82	>87	>87	
5.39	25	49	74	53	>97	>97	92	>97	>97	
6.40	30	59	88	63	>114	>114	109	>114	>114	
6.83	32	63	94	67	>117	>117	117	>117	>117	
7.28	33	65	98	70	>129	>129	122	>129	>129	
8.64	39	77	116	83	>146	>146	144	>146	>146	
9.23	42	83	124	89	>146	>146	>146	>146	>146	
10.80	49	97	145	104	>145	>145	>145	>145	>145	
12.10	55	108	>145	117	>145	>145	>145	>145	>145	
14.24	64	126	>144	136	>144	>144	>144	>144	>144	
16.47	74	>144	>144	>144	>144		>144			
17.62	79	>144	>144	>144	>144		>144			
19.54		159	>184	171	>184	>184	>184	>184	>184	
20.33	90	>143		>143						
23.20	95	189	>200	>200	>200	>200	>200	>200	>200	
24.77	102	200	>205	>205	>205	>205	>205	>205	>205	
29.00	118	>215	>215	>215	>215	>215	>215	>215	>215	
32.48	130	>215	>215	>215	>215	>215	>215	>215	>215	
38.23	153	>215	>215	>215	>215	>215	>215	>215	>215	
44.22	175	>210	>210	>210	>210		>210			
47.32	185	>210	>210	>210	>210		>210			
54.59	>210	>210		>210						
63.80	>210									
69.39	>210									

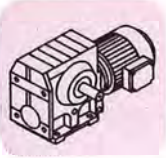
m [kg]		CMP								
s	50S	50M	50L	63S	63M	63L	71S	71M	80S	
S47	13	14	15	15	16	18	18	19	25	

SF: + 3.6 kg / SA: + 1.1 kg / SAF: + 2.8 kg



CMP..		i	n _{epk} [1/min]	η [%]	c _{TG}			
					S [Nm/']	SF [Nm/']	SA [Nm/']	SAF [Nm/']
S47  2		4.00	4500	90	-	-	-	-
		4.76	4500	90	-	-	-	-
		5.39	4500	89	-	-	-	-
		6.40	4500	89	-	-	-	-
		6.83	4500	89	-	-	-	-
		7.28	4500	87	-	-	-	-
		8.64	4500	87	-	-	-	-
		9.23	4500	87	-	-	-	-
		10.80	4500	87	-	-	-	-
		12.10	4500	87	-	-	-	-
		14.24	4500	86	-	-	-	-
		16.47	4500	86	-	-	-	-
		17.62	4500	86	-	-	-	-
		19.54	4500	79	-	-	-	-
		20.33	4500	85	-	-	-	-
		23.20	4500	79	-	-	-	-
		24.77	4500	79	-	-	-	-
		29.00	4500	78	-	-	-	-
		32.48	4500	77	-	-	-	-
		38.23	4500	77	-	-	-	-
	44.22	4500	76	-	-	-	-	
	47.32	4500	75	-	-	-	-	
	54.59	4500	75	-	-	-	-	
	63.80	4500	74	-	-	-	-	
	69.39	4500	73	-	-	-	-	

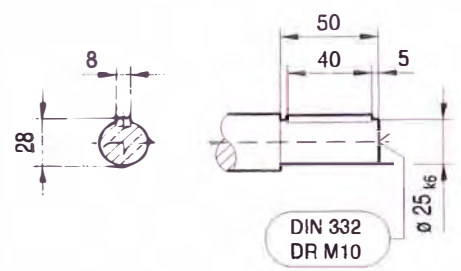
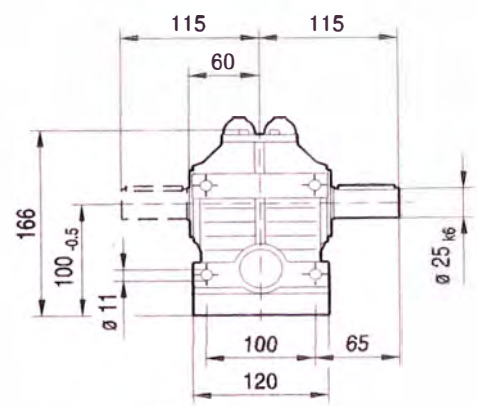
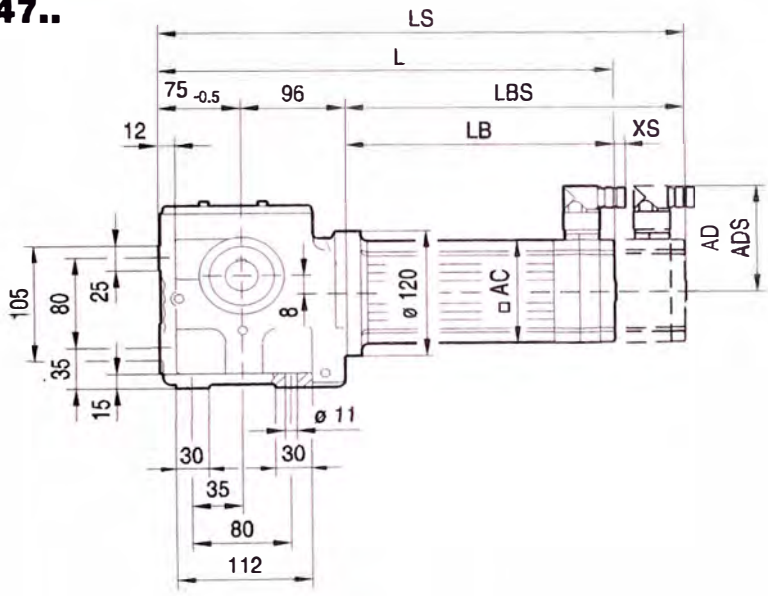
CMP..		F _{Ramax}					F _{Rapk}								
n _e = 1400	i	M _{amax} [Nm]	M _{apk} [Nm]	M _{aNotaus} [Nm]	n _{ak} [1/min]	J _G 10 ⁻⁴ [kgm ²]	S [N]	SF [N]	SA [N]	SAF [N]	S [N]	SF [N]	SA [N]	SAF [N]	
S47  2		4.00	61	72	108	225	2.5	1980	2420	2740	2740	5660	6140	7000	7000
		4.76	72	87	130	231	1.8	2010	2490	2780	2780	5580	6070	7000	7000
		5.39	74	97	146	204	1.5	2110	2600	2920	2920	5530	6030	7000	7000
		6.40	76	114	171	172	1.1	2260	2780	3120	3120	5440	5940	7000	7000
		6.83	78	117	176	161	1.0	2300	2840	3190	3190	5420	5930	7000	7000
		7.28	103	129	175	27	1.1	2110	2690	2940	2940	5360	5870	7000	7000
		8.64	109	146	185	23	0.83	2230	2840	3110	3110	5260	5780	7000	7000
		9.23	109	146	185	22	0.74	2310	2930	3210	3210	5260	5780	7000	7000
		10.80	109	145	185	19	0.57	2500	3150	3480	3480	5270	5790	7000	7000
		12.10	109	145	185	17	0.47	2650	3310	3670	3670	5270	5790	7000	7000
		14.24	110	144	187	14	0.35	2850	3540	3950	3950	5270	5790	7000	7000
		16.47	110	144	187	12	0.28	3060	3770	4230	4230	5270	5790	7000	7000
		17.62	110	144	187	11	0.26	3160	3880	4360	4360	5270	5790	7000	7000
		19.54	144	184	245	10	0.94	3370	4120	4660	4660	5200	5710	7000	7000
		20.33	110	143	187	10	0.20	3370	4130	4650	4650	5280	5800	7000	7000
		23.20	152	200	258	9	0.72	3570	4360	4940	4940	5110	5620	7000	7000
		24.77	155	205	264	8	0.65	3650	4460	5050	5050	5080	5590	7000	7000
		29.00	155	215	264	7	0.49	3920	4760	5420	5420	5020	5530	7000	7000
		32.48	155	215	264	6	0.41	4120	4990	5690	5690	5020	5530	7000	7000
		38.23	155	215	264	5	0.31	4420	5330	6100	6100	5020	5530	7000	7000
	44.22	155	210	264	5	0.25	4710	5660	6490	6490	5050	5560	7000	7000	
	47.32	155	210	264	4	0.23	4850	5810	6680	6680	5050	5560	7000	7000	
	54.59	155	210	264	9	0.18	5150	5870	7000	7000	5050	5560	7000	7000	
	63.80	155	210	264	8	0.15	5370	5870	7000	7000	5050	5560	7000	7000	
	69.39	155	210	264	7	0.13	5370	5870	7000	7000	5050	5560	7000	7000	



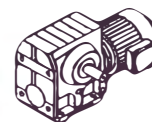
Helical-Worm Gearmotors – S-Series Gear Units
S47 – 57/CMP – selection tables, dimension sheets

02 005 01 07

S47..

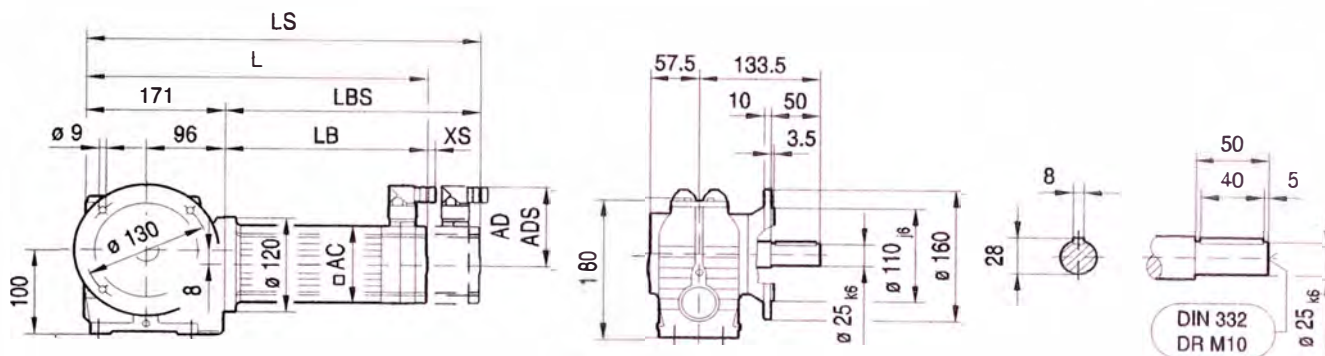


(→ 9)	CMP50S	CMP50M	CMP50L	CMP63S	CMP63M	CMP63L	CMP71S	CMP71M	CMP80S
AC	73	73	73	88	88	88	115	115	137
AD	86	86	86	92	92	92	102	102	134
ADS	86	86	86	92	92	92	104	104	137
L	316	355	394	351	401	454	343	371	383
LS	345	384	423	379	429	483	408	436	461
LB	145	184	223	180	230	283	172	200	212
LBS	174	213	252	208	258	312	237	265	290
XS	18	18	18	14	14	14	11	11	37



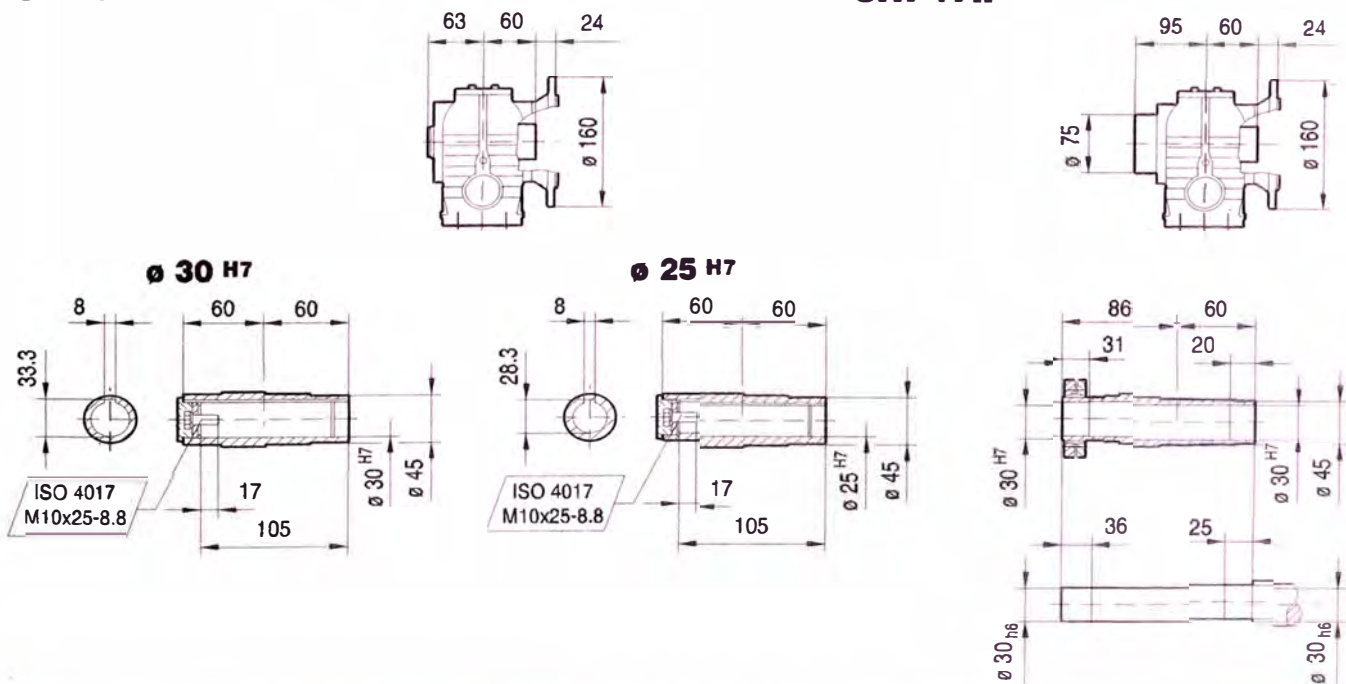
SF47..

02 006 01 07

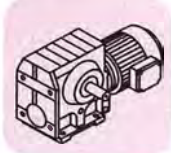


SAF47..

SHF47..

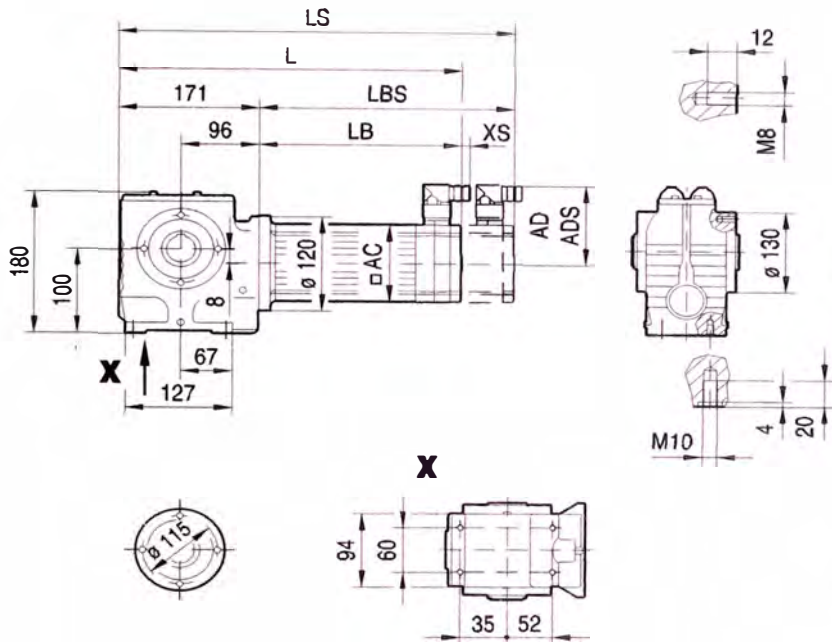


(→ \square 9)	CMP50S	CMP50M	CMP50L	CMP63S	CMP63M	CMP63L	CMP71S	CMP71M	CMP80S
AC	73	73	73	88	88	88	115	115	137
AD	86	86	86	92	92	92	102	102	134
ADS	86	86	86	92	92	92	104	104	137
L	316	355	394	351	401	454	343	371	383
LS	345	384	423	379	429	483	408	436	461
LB	145	184	223	180	230	283	172	200	212
LBS	174	213	252	208	258	312	237	265	290
XS	18	18	18	14	14	14	11	11	37

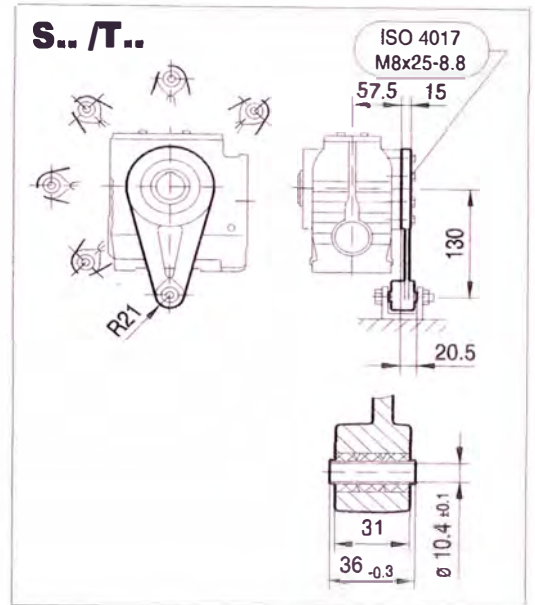


Helical-Worm Gearmotors – S-Series Gear Units
 S47 – 57/CMP – selection tables, dimension sheets

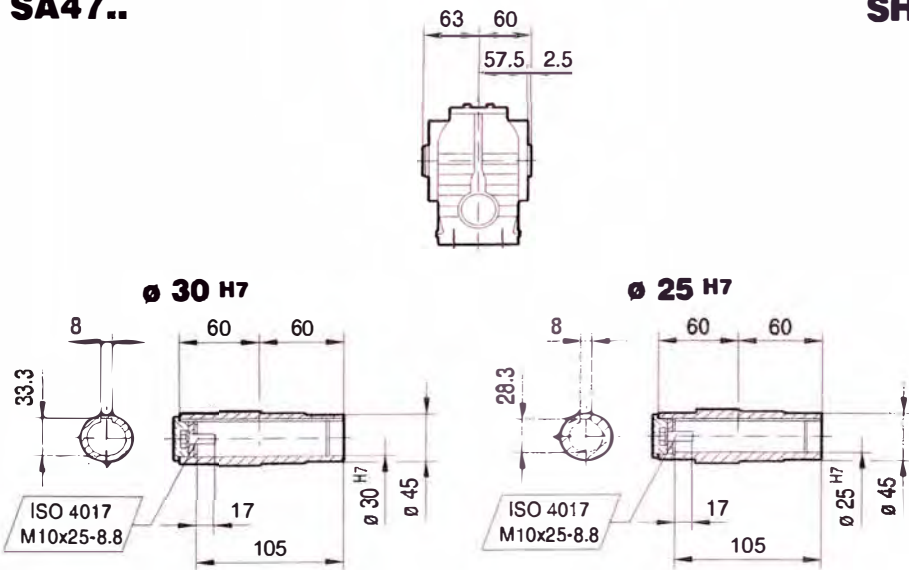
SA47..



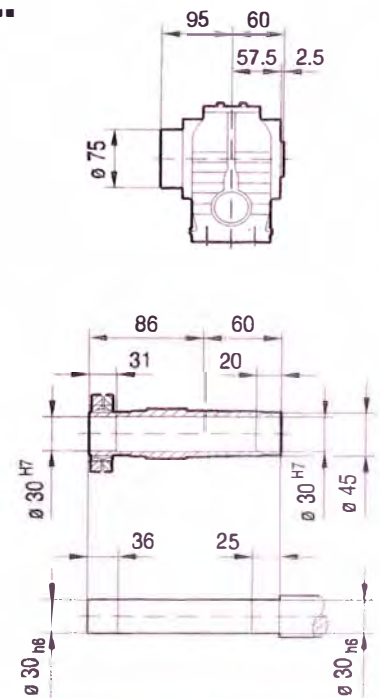
02 007 01 07



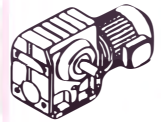
SA47..



SH47..

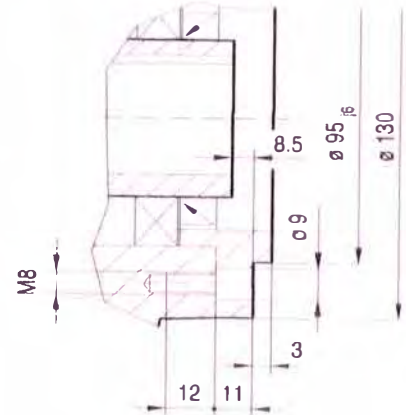
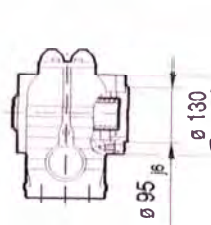
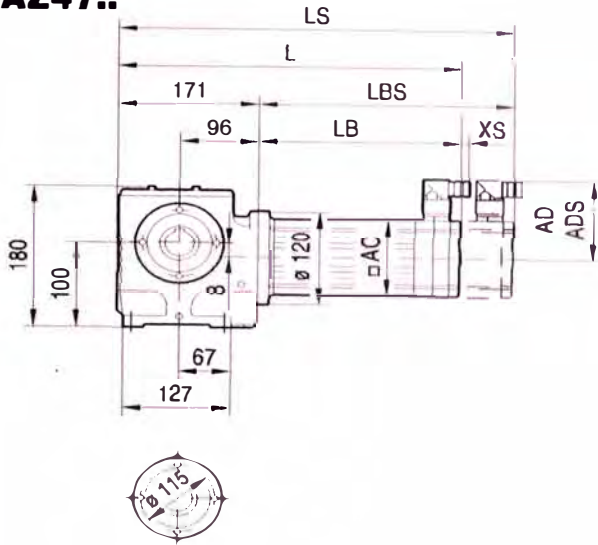


(→ 9)	CMP50S	CMP50M	CMP50L	CMP63S	CMP63M	CMP63L	CMP71S	CMP71M	CMP80S
AC	73	73	73	88	88	88	115	115	137
AD	86	86	86	92	92	92	102	102	134
ADS	86	86	86	92	92	92	104	104	137
L	316	355	394	351	401	454	343	371	383
LS	345	384	423	379	429	483	408	436	461
LB	145	184	223	180	230	283	172	200	212
LBS	174	213	252	208	258	312	237	265	290
XS	18	18	18	14	14	14	11	11	37



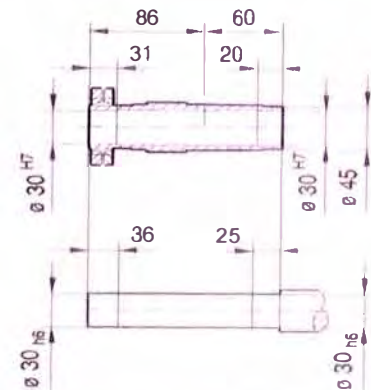
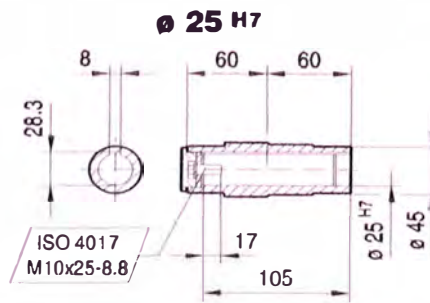
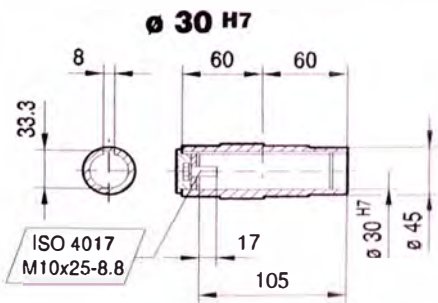
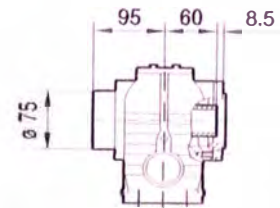
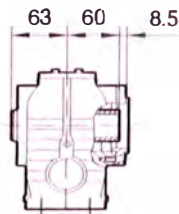
SAZ47..

02 008 01 07

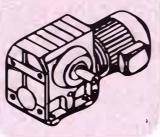


SAZ47..

SHZ47..



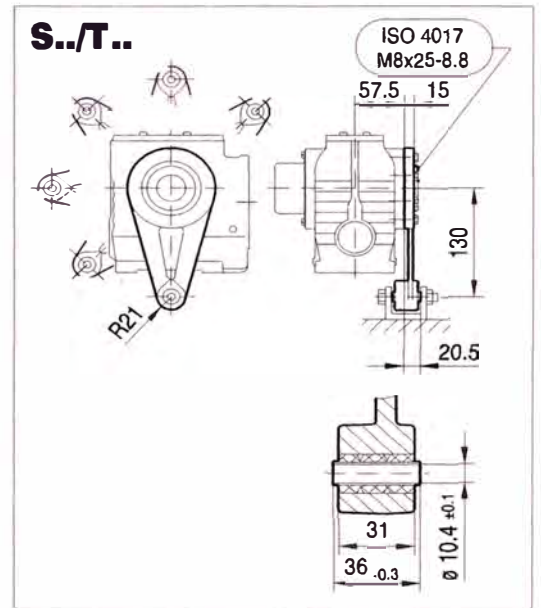
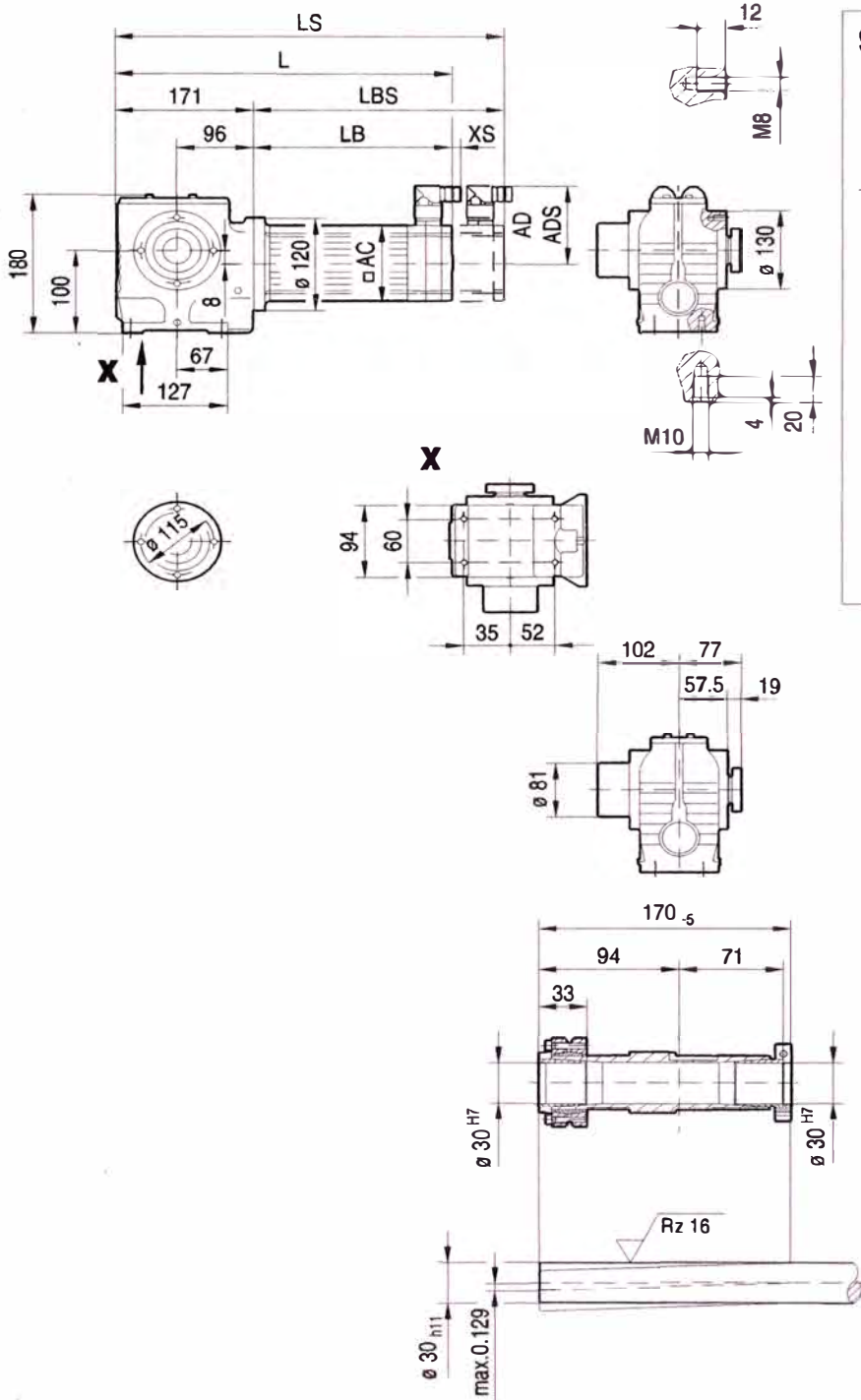
(→ 9)	CMP50S	CMP50M	CMP50L	CMP63S	CMP63M	CMP63L	CMP71S	CMP71M	CMP80S
AC	73	73	73	88	88	88	115	115	137
AD	86	86	86	92	92	92	102	102	134
ADS	86	86	86	92	92	92	104	104	137
L	316	355	394	351	401	454	343	371	383
LS	345	384	423	379	429	483	408	436	461
LB	145	184	223	180	230	283	172	200	212
LBS	174	213	252	208	258	312	237	265	290
XS	18	18	18	14	14	14	11	11	37



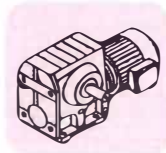
Helical-Worm Gearmotors – S-Series Gear Units
S47 – 57/CMP – selection tables, dimension sheets

02 009 01 07


ST47..




(→ 9)	CMP50S	CMP50M	CMP50L	CMP63S	CMP63M	CMP63L	CMP71S	CMP71M	CMP80S
AC	73	73	73	88	88	88	115	115	137
AD	86	86	86	92	92	92	102	102	134
ADS	86	86	86	92	92	92	104	104	137
L	316	355	394	351	401	454	343	371	383
LS	345	384	423	379	429	483	408	436	461
LB	145	184	223	180	230	283	172	200	212
LBS	174	213	252	208	258	312	237	265	290
XS	18	18	18	14	14	14	11	11	37

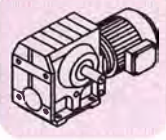


6.2.2 S 57

M _{aDyn} [Nm]		CMP										
i	50S	50M	50L	63S	63M	63L	71S	71M	71L	80S	80M	
S57 	4.00	19	37	55	40	77	>106	69	>106	>106	>106	>106
	4.76	22	44	66	48	92	>126	82	>126	>126	>126	>126
	5.39	25	50	75	54	104	>142	93	>142	>142	>142	>142
	6.40	30	59	88	63	122	>147	109	>147	>147	>147	>147
	6.83	32	63	94	67	130	>150	117	>150	>150	>150	>150
	7.28	34	67	100	72	139	>183	124	>183	>183	>183	>183
	8.64	40	78	117	84	163	>210	148	>210	>210	>210	>210
	9.23	42	84	125	90	174	>220	156	>220	>220	>220	>220
	10.80	49	98	146	105	200	>220	182	>220	>220	>220	>220
	12.10	55	110	164	118	>220	>220	200	>220	>220	>220	>220
	14.24	64	128	191	138	>220	>220	>220	>220			
	16.47	75	148	>220	159	>220		>220				
	17.62	79	156	>215	168	>215		>215				
	19.54		163	240	176	>270	>270	>270	>270	>270	>270	>270
	20.33	91	180		194							
	23.20	98	194	285	205	>315	>315	>315	>315	>315	>315	>315
	24.77	103	200	305	215	>330	>330	>330	>330	>330	>330	>330
	29.00	121	235	355	255	>360	>360	>360	>360	>360	>360	>360
	32.48	133	260	>365	280	>365	>365	>365	>365	>365	>365	>365
	38.23	155	305	>365	330	>365	>365	>365	>365			
44.22	179	355	>365	>365	>365		>365					
47.32	189	>365	>365	>365	>365		>365					
54.59	215	>365		>365								
63.80	250											
69.39	270											

m [kg]		CMP										
s	50S	50M	50L	63S	63M	63L	71S	71M	71L	80S	80M	
S57 	17	17	18	19	20	22	22	23	25	29	31	

SF: + 3.8 kg / SA: + 0.3 kg / SAF: + 2.6 kg

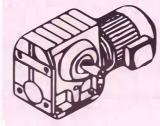


Helical-Worm Gearmotors – S-Series Gear Units

S47 – 57/CMP – selection tables, dimension sheets

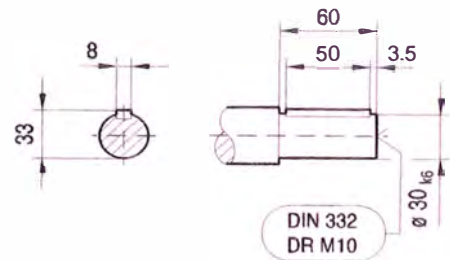
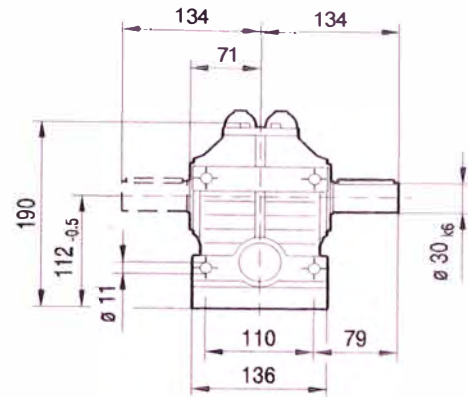
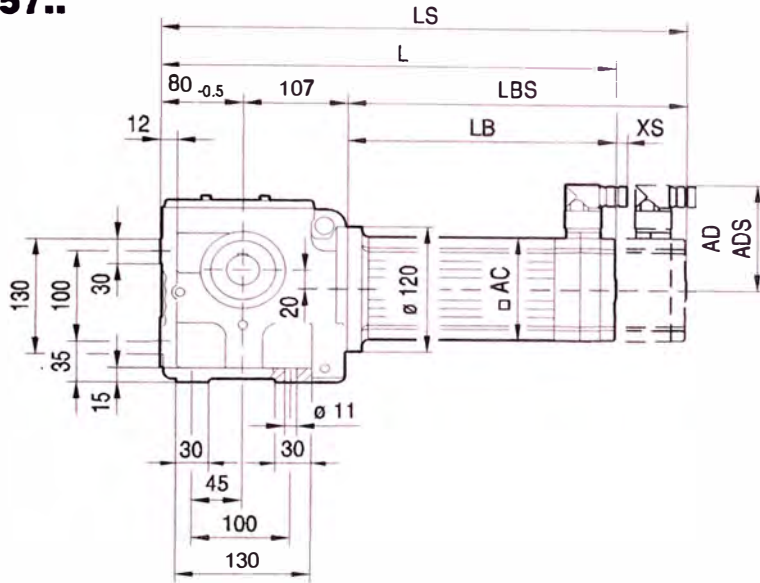
CMP..		n_{epk} [1/min]	η [%]	c_{TG}			
i	n_{epk} [1/min]			S [Nm/']	SF [Nm/']	SA [Nm/']	SAF [Nm/']
		S57 2	4.00	4500	90	-	-
4.76	4500		90	-	-	-	-
5.39	4500		90	-	-	-	-
6.40	4500		89	-	-	-	-
6.83	4500		89	-	-	-	-
7.28	4500		89	-	-	-	-
8.64	4500		88	-	-	-	-
9.23	4500		88	-	-	-	-
10.80	4500		88	-	-	-	-
12.10	4500		88	-	-	-	-
14.24	4500		87	-	-	-	-
16.47	4500		87	-	-	-	-
17.62	4500		86	-	-	-	-
19.54	4500		81	-	-	-	-
20.33	4500		86	-	-	-	-
23.20	4500		81	-	-	-	-
24.77	4500		80	-	-	-	-
29.00	4500		80	-	-	-	-
32.48	4500		79	-	-	-	-
38.23	4500		78	-	-	-	-
44.22	4500	78	-	-	-	-	
47.32	4500	77	-	-	-	-	
54.59	4500	77	-	-	-	-	
63.80	4500	76	-	-	-	-	
69.39	4500	75	-	-	-	-	

CMP..		F_{Ramax}					F_{Rapk}							
$n_e = 1400$	i	M_{amax} [Nm]	M_{apk} [Nm]	$M_{aNotaus}$ [Nm]	n_{ak} [1/min]	$J_G \cdot 10^{-4}$ [kgm ²]	S [N]	SF [N]	SA [N]	SAF [N]	S [N]	SF [N]	SA [N]	SAF [N]
S57 2	4.00	88	106	159	275	4.5	3380	3320	2730	2730	8170	8170	10000	10000
	4.76	93	126	189	231	3.3	3590	3520	2900	2900	8110	8110	10000	10000
	5.39	95	142	210	204	2.6	3760	3690	3040	3040	8060	8060	10000	10000
	6.40	98	147	220	172	1.9	4010	3930	3250	3250	8040	8040	10000	10000
	6.83	100	150	225	161	1.7	4100	4010	3330	3330	8030	8030	10000	10000
	7.28	146	183	248	27	1.7	3790	3770	2620	2620	7880	7880	10000	10000
	8.64	166	211	282	23	1.3	3900	3890	2430	2430	7730	7730	10000	10000
	9.23	169	223	287	22	1.1	3990	3980	2530	2530	7660	7660	10000	10000
	10.80	169	220	287	19	0.85	4290	4270	3000	3000	7680	7680	10000	10000
	12.10	169	220	287	17	0.70	4520	4490	3360	3360	7680	7680	10000	10000
	14.24	169	220	287	14	0.51	4860	4820	3810	3810	7680	7680	10000	10000
	16.47	168	220	286	12	0.40	5200	5130	4120	4120	7680	7680	10000	10000
	17.62	168	215	286	11	0.36	5350	5280	4260	4260	7710	7710	10000	10000
	19.54	215	274	366	26	1.3	5720	5620	4610	4610	7300	7300	10000	10000
	20.33	168	215	286	10	0.28	5690	5600	4560	4560	7710	7710	10000	10000
	23.20	245	315	417	9	0.95	5930	5840	4710	4710	6950	6950	10000	10000
	24.77	245	330	417	8	0.85	6100	6000	4870	4870	6800	6800	10000	10000
	29.00	245	360	417	7	0.65	6520	6410	5250	5250	6470	6470	10000	10000
	32.48	245	367	417	6	0.54	6840	6710	5540	5540	6380	6380	10000	10000
	38.23	245	367	417	5	0.39	7320	7170	5970	5970	6380	6380	10000	10000
44.22	245	367	417	11	0.32	7520	7520	6380	6380	6380	6380	10000	10000	
47.32	245	367	417	11	0.28	7520	7520	6580	6580	6380	6380	10000	10000	
54.59	245	367	417	9	0.23	7520	7520	7000	7000	6380	6380	10000	10000	
63.80	245	360	417	8	0.18	7520	7520	7500	7500	6470	6470	10000	10000	
69.39	245	360	417	7	0.15	7520	7520	7770	7770	6470	6470	10000	10000	

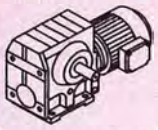


S57..

02 010 01 07



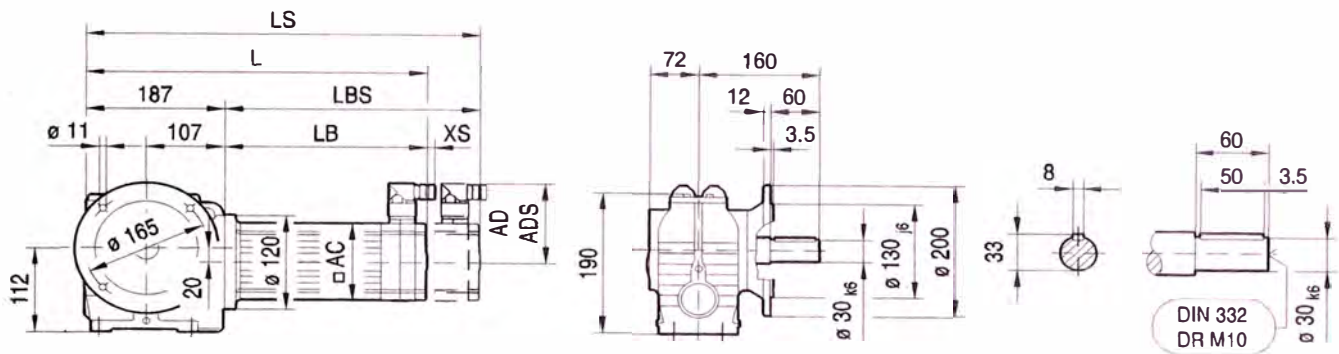
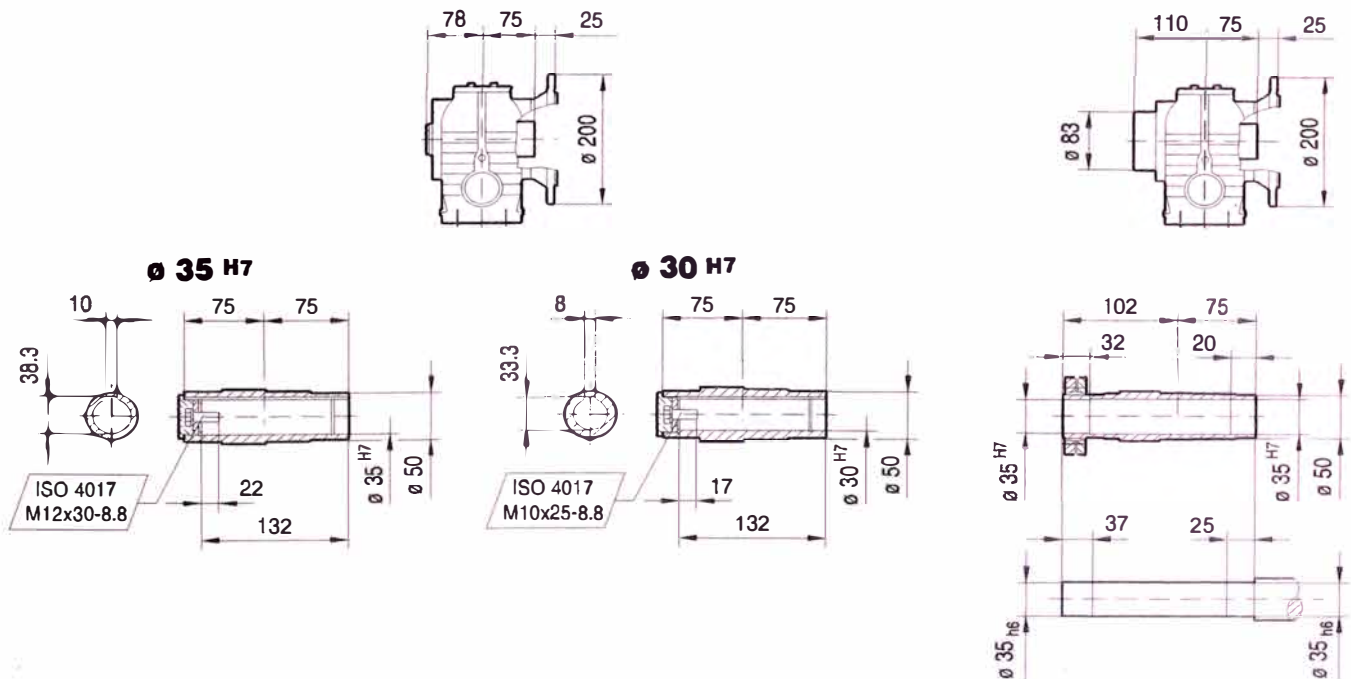
(→ 9)	CMP50S	CMP50M	CMP50L	CMP63S	CMP63M	CMP63L	CMP71S	CMP71M	CMP71L	CMP80S	CMP80M
AC	73	73	73	88	88	88	115	115	115	137	137
AD	86	86	86	92	92	92	102	102	102	134	134
ADS	86	86	86	92	92	92	104	104	104	137	137
L	332	371	410	367	417	470	359	387	434	399	436
LS	361	400	439	395	445	499	424	452	499	477	514
LB	145	184	223	180	230	283	172	200	247	212	249
LBS	174	213	252	208	258	312	237	265	312	290	327
XS	18	18	18	14	14	14	11	11	11	37	37



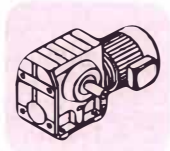
Helical-Worm Gearmotors – S-Series Gear Units

S47 – 57/CMP – selection tables, dimension sheets

02 011 01 07

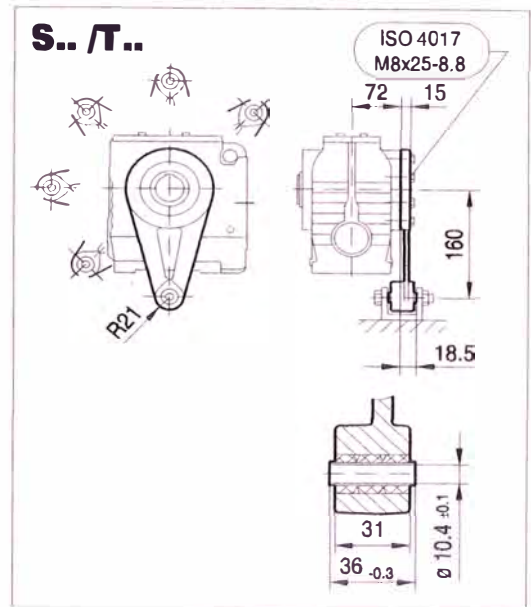
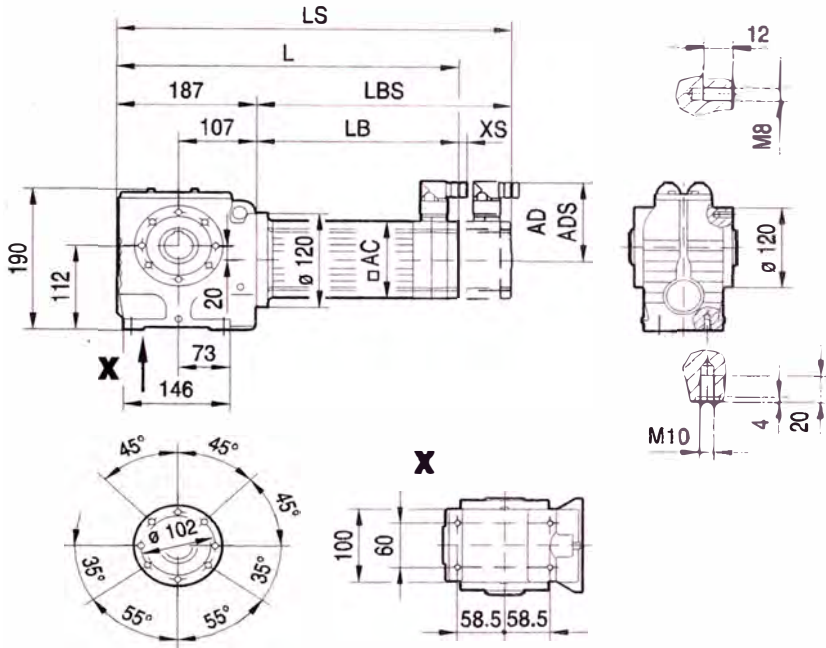
SF57..**SAF57..****SHF57..**

(→ 9)	CMP50S	CMP50M	CMP50L	CMP63S	CMP63M	CMP63L	CMP71S	CMP71M	CMP71L	CMP80S	CMP80M
AC	73	73	73	88	88	88	115	115	115	137	137
AD	86	86	86	92	92	92	102	102	102	134	134
ADS	86	86	86	92	92	92	104	104	104	137	137
L	332	371	410	367	417	470	359	387	434	399	436
LS	361	400	439	395	445	499	424	452	499	477	514
LB	145	184	223	180	230	283	172	200	247	212	249
LBS	174	213	252	208	258	312	237	265	312	290	327
XS	18	18	18	14	14	14	11	11	11	37	37

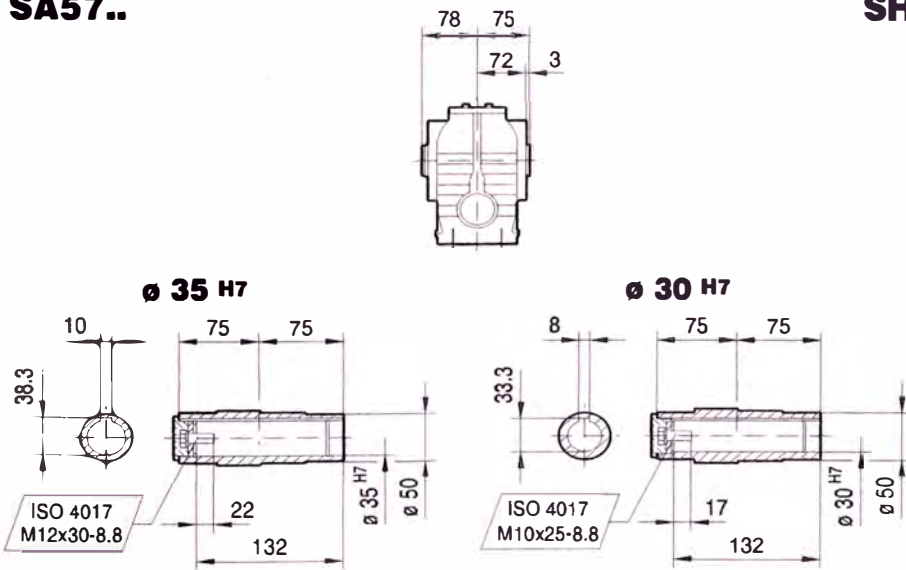


02 012 01 07

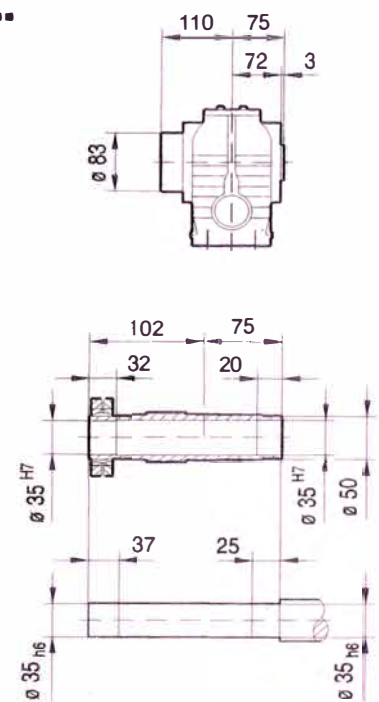
SA57..



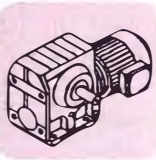
SA57..



SH57..



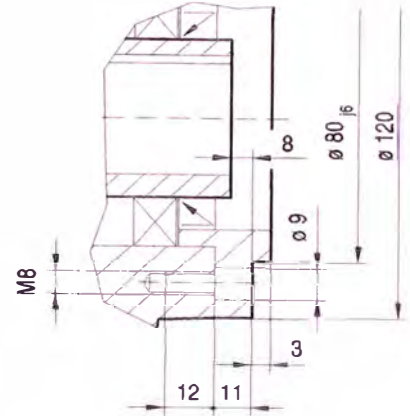
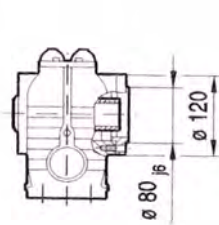
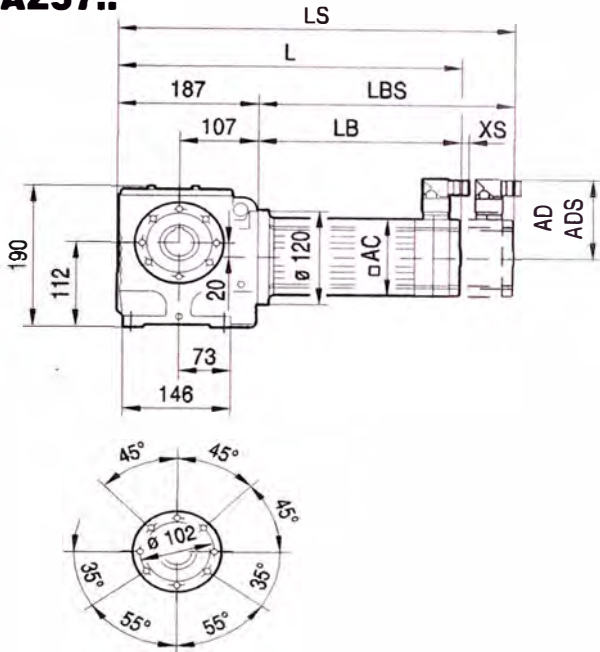
(→ 9)	CMP50S	CMP50M	CMP50L	CMP63S	CMP63M	CMP63L	CMP71S	CMP71M	CMP71L	CMP80S	CMP80M
AC	73	73	73	88	88	88	115	115	115	137	137
AD	86	86	86	92	92	92	102	102	102	134	134
ADS	86	86	86	92	92	92	104	104	104	137	137
L	332	371	410	367	417	470	359	387	434	399	436
LS	361	400	439	395	445	499	424	452	499	477	514
LB	145	184	223	180	230	283	172	200	247	212	249
LBS	174	213	252	208	258	312	237	265	312	290	327
XS	18	18	18	14	14	14	11	11	11	37	37



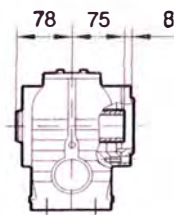
Helical-Worm Gearmotors – S-Series Gear Units
S47 – 57/CMP – selection tables, dimension sheets

02 013 01 07

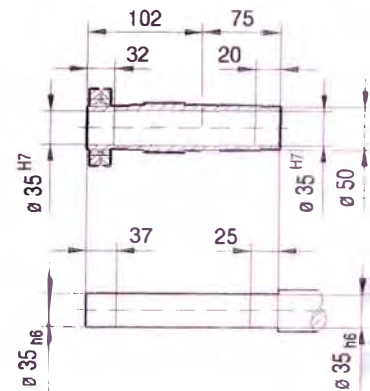
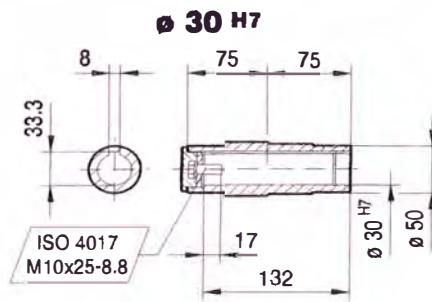
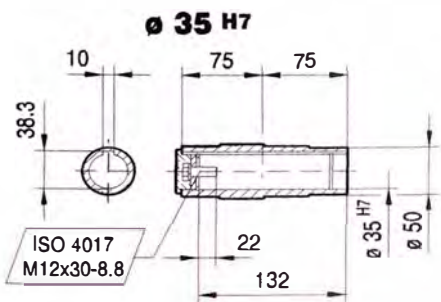
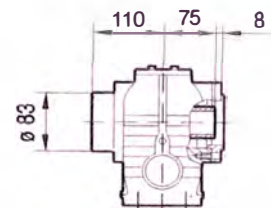
SAZ57..



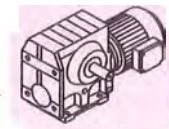
SAZ57..



SHZ57..

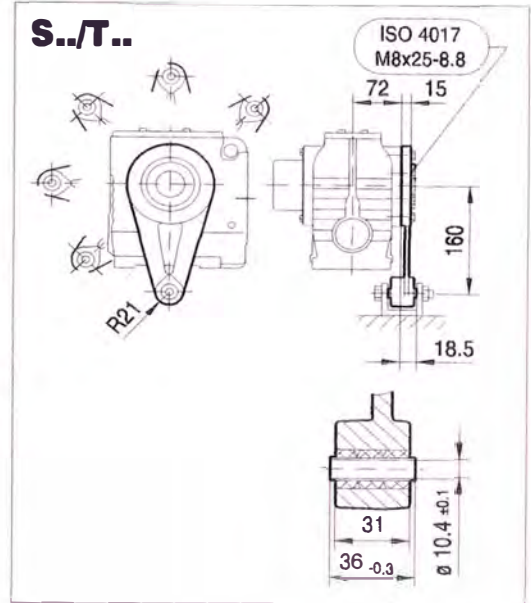
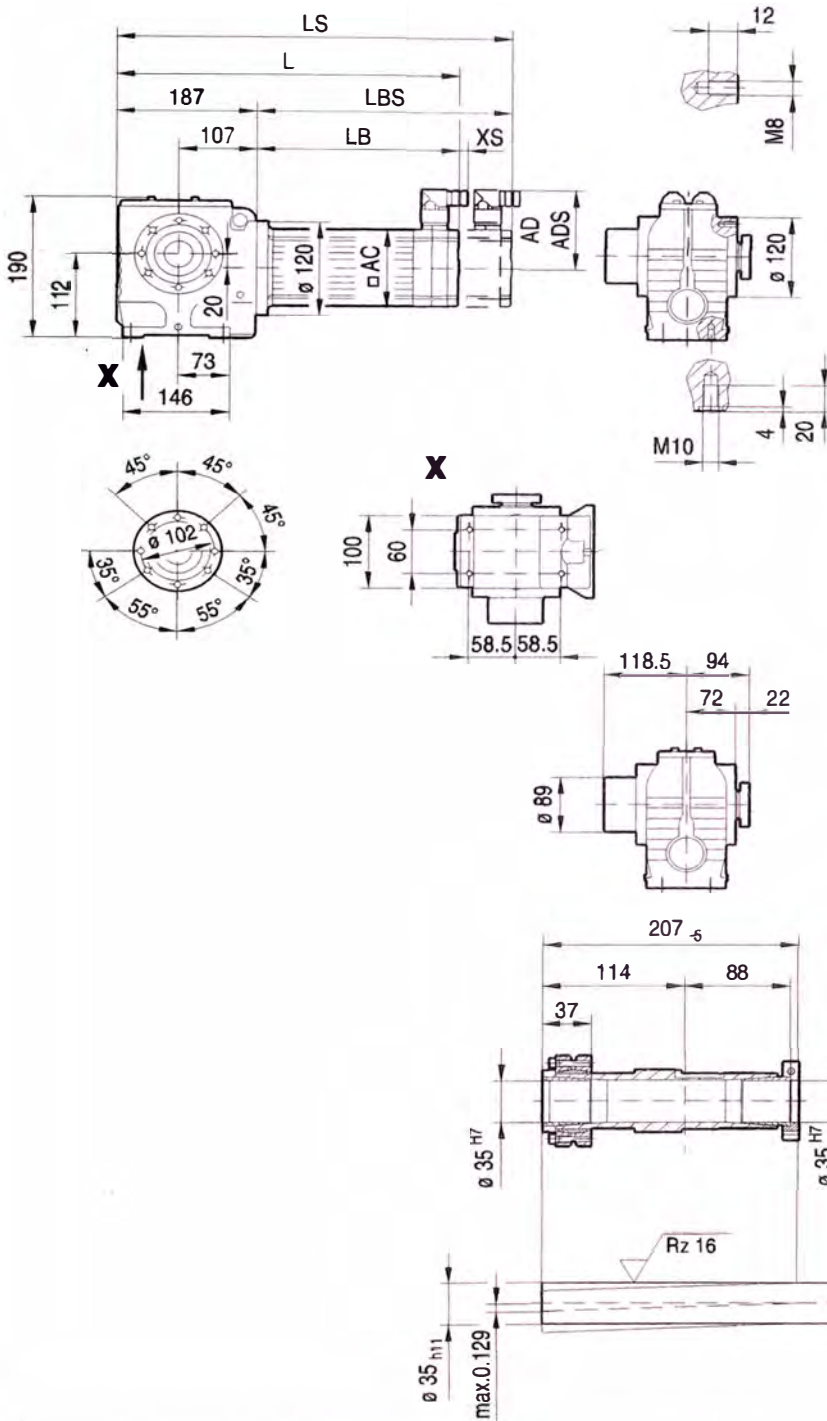


(→ 9)	CMP50S	CMP50M	CMP50L	CMP63S	CMP63M	CMP63L	CMP71S	CMP71M	CMP71L	CMP80S	CMP80M
AC	73	73	73	88	88	88	115	115	115	137	137
AD	86	86	86	92	92	92	102	102	102	134	134
ADS	86	86	86	92	92	92	104	104	104	137	137
L	332	371	410	367	417	470	359	387	434	399	436
LS	361	400	439	395	445	499	424	452	499	477	514
LB	145	184	223	180	230	283	172	200	247	212	249
LBS	174	213	252	208	258	312	237	265	312	290	327
XS	18	18	18	14	14	14	11	11	11	37	37



02 014 01 07

ST57..



(→ 9)	CMP50S	CMP50M	CMP50L	CMP63S	CMP63M	CMP63L	CMP71S	CMP71M	CMP71L	CMP80S	CMP80M
AC	73	73	73	88	88	88	115	115	115	137	137
AD	86	86	86	92	92	92	102	102	102	134	134
ADS	86	86	86	92	92	92	104	104	104	137	137
L	332	371	410	367	417	470	359	387	434	399	436
LS	361	400	439	395	445	499	424	452	499	477	514
LB	145	184	223	180	230	283	172	200	247	212	249
LBS	174	213	252	208	258	312	237	265	312	290	327
XS	18	18	18	14	14	14	11	11	11	37	37

Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad Carlos III de Madrid



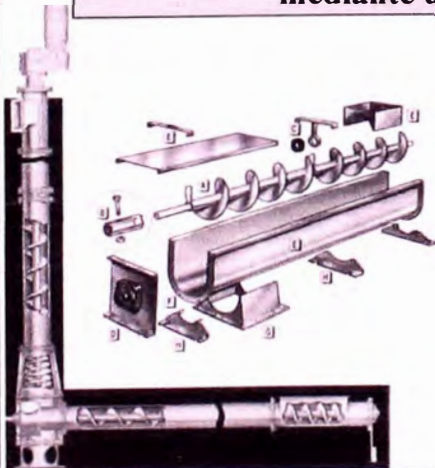
TORNILLOS SIN FIN

TRANSPORTES

TORNILLOS SIN FIN

TORNILLO SIN FIN

Transporte del material a lo largo de un canalón
mediante un tornillo sin fin



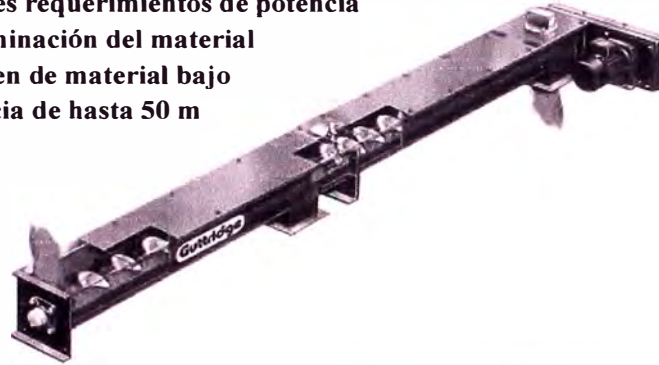
• **Ventajas:**

- Son compactos
- Diseño modular: fácil instalación
- Soportes y apoyos simples
- Altas temperaturas
- Fácil hermeticidad
- Extremadamente versátiles:
 - Dosificador
 - Mezcladores o agitadores
- Varias zonas de carga y descarga

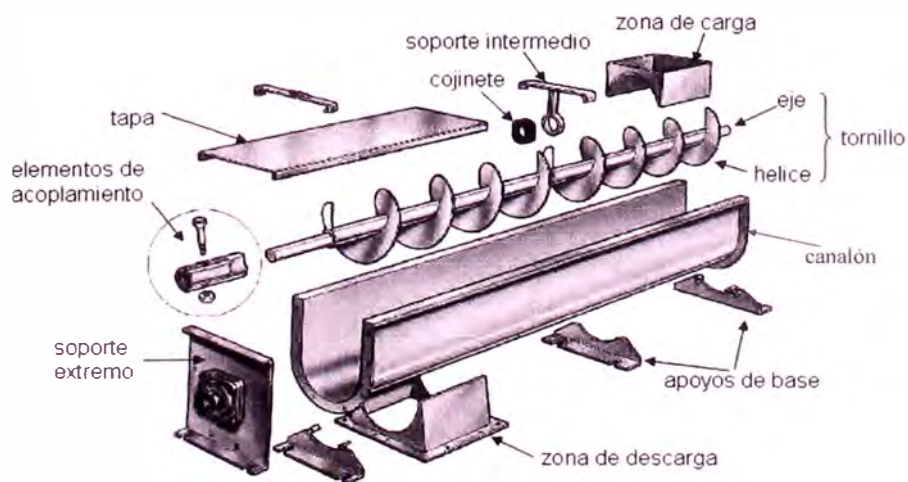
TORNILLO SIN FIN

• **Desventajas:**

- No grandes tamaños
- Materiales no frágiles o delicados
- Materiales no abrasivos
- Mayores requerimientos de potencia
- Contaminación del material
- Volumen de material bajo
- Distancia de hasta 50 m



ELEMENTOS



TORNILLO GIRATORIO O ARBOL

• **Clasificación:**

- Tornillo sin fin de hélice helicoidal
- Tornillo sin fin de hélice seccional
- Tornillo sin fin de paletas cortadas
- Tornillo sin fin de paletas tipo cinta
- Tornillo sin fin con palas
- Tornillo sin fin de paletas plegadas y cortadas
- Tornillo sin fin de paso corto de paletas cortadas con palas
- Tornillo sin fin de paletas
- Tornillo sin fin de paletas distribuidas formando un cono
- Tornillo sin fin de diámetro escalonado
- Tornillo sin fin de paso escalonado
- Tornillo sin fin de paso largo
- Tornillo sin fin de doble paleta



DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE MATERIAL

Área de relleno del canalón
(m²)

$$s = \lambda \frac{\pi D^2}{4}$$

Coef. de relleno de la sección
(menor que la unidad para evitar
amontonamiento)

Tipo de carga	λ
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada poco abrasiva	0,25
Ligera poco abrasiva	0,32
Ligera no abrasiva	0,4

Paso del tornillo (m)

Velocidad de giro del tornillo

Velocidad de desplazamiento
del transportador (m/s)

$$v = \frac{t \cdot n}{60}$$

DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE MATERIAL

Paso del tornillo:

- Entre 0,5 y 1 veces el diámetro del mismo
- Mayor cuanto más ligera sea la carga

Diámetro del tornillo:

- 12 veces mayor que el diámetro de los pedazos a transportar (material homogéneo)
- 4 veces mayor que el mayor diámetro de los pedazos a transportar (material heterogéneo)

Velocidad del tornillo:

- Inversamente proporcional a:

- Peso a granel
- Abrasividad de las cargas
- Diámetro del tornillo

Materiales pesados $\Rightarrow n \approx 50 \text{ rpm}$

Materiales ligeros $\Rightarrow n < 150 \text{ rpm}$

DETERMINACIÓN DEL FLUJO DE MATERIAL

Densidad del material (t/m³)
Coef. de disminución del flujo de material
 Flujo de material transportado (t/h) $Q = 3600 \cdot s \cdot v \cdot \gamma \cdot k$

$$s = \lambda \frac{\pi D^2}{4}$$



$$v = \frac{t \cdot n}{60}$$

$$Q = 3600 \cdot \lambda \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{t \cdot n}{60} \cdot \gamma \cdot k$$

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
k	1	0,9	0,8	0,7	0,6

POTENCIA DE ACCIONAMIENTO

$$P = P_H + P_N + P_{St}$$

- P_H es la potencia necesaria para el desplazamiento horizontal del material
- P_N es la potencia para el accionamiento del tornillo en vacío
- P_{St} es la potencia requerida para un tornillo sin fin inclinado

POTENCIA DE ACCIONAMIENTO

Desplazamiento del material

$$P_H (kW) = c_0 \frac{QLg}{3600} = c_0 \frac{QL}{367}$$

Longitud de la instalación

Coef. de resistencia del material

Material	c_0 Empírico
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

POTENCIA DE ACCIONAMIENTO**Accionamiento del tornillo en vacío**

$$P_N (kW) = \frac{DL}{20}$$

- Es muy pequeña en comparación con la potencia necesaria para el desplazamiento del material

POTENCIA DE ACCIONAMIENTO**Tornillo sin fin inclinado**

$$P_{St} (kW) = \frac{QH^*}{367}$$

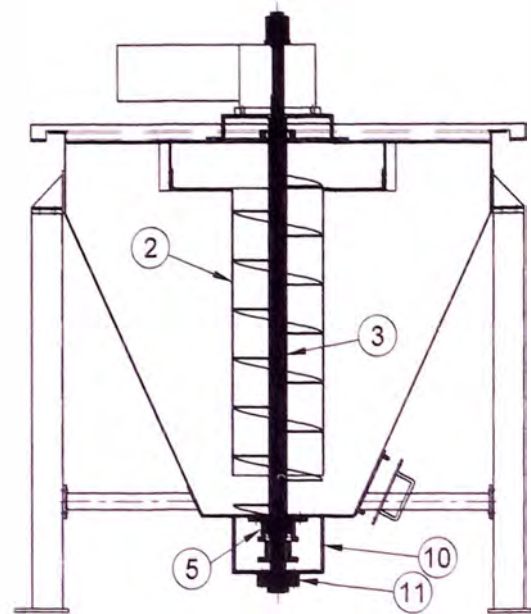
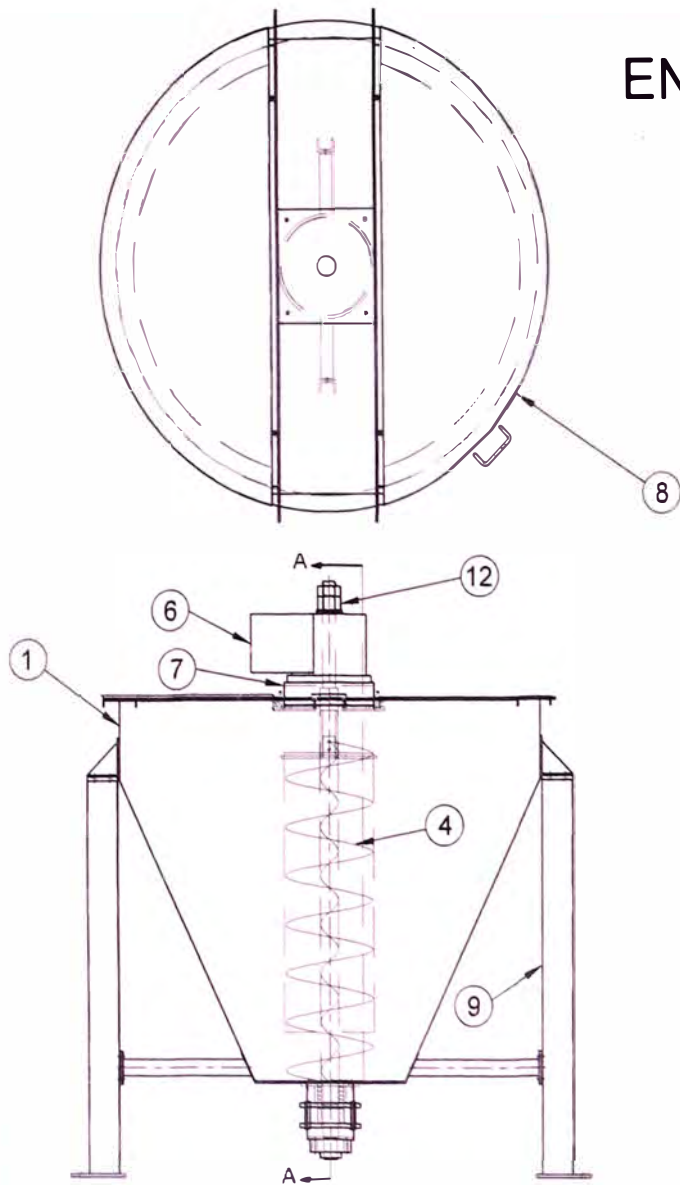
Altura de la
instalación

Potencia total necesaria

$$P = \frac{Q(c_0L + H)}{367} + \frac{DL}{20}$$

PLANOS

ENSAMBLE DE MEZCLADOR VERTICAL



LISTA DE PARTES		
Item	Cant.	Descripción
1	1	Tanque de mezclado
2	1	Cilindro interior
3	1	Eje del helicoidal
4	1	Helicoidal
5	1	Prensaestopa
6	1	Motorreductor
7	1	Bastidor del motorreductor
8	2	Tapa de mezcladora
9	4	Soporte de mezclador
10	1	Base de chumacera
11	1	Chumacera
12	2	Tuerca de sujeción M42

C:\Documents and Settings\Administrador\My documents\Mis imagenes\YRS-AS.bmo

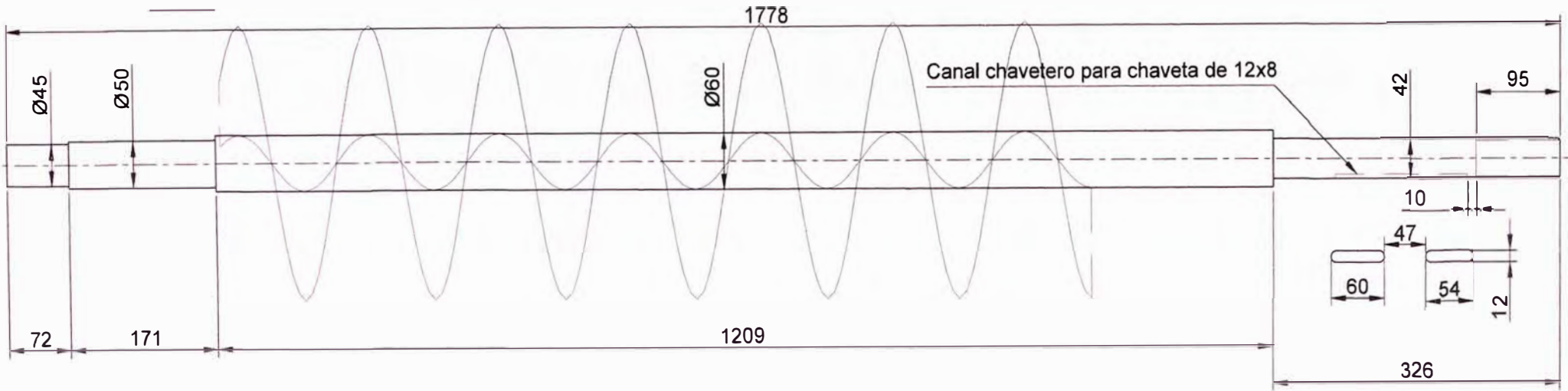
PAMOLSA

ENSAMBLE DE MEZCLADOR VERTICAL

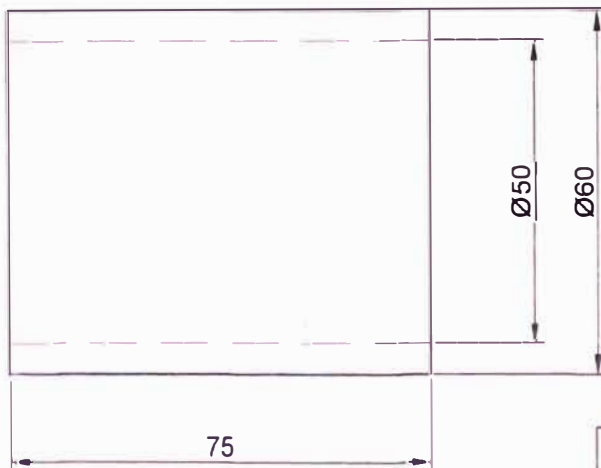
	Nombre:	Fecha:	Escala					
Dibujado	Renzo Izquierdo	03/10/13	1:20					
Revisado	-----		Nro.Plano	Pza.	Cant.	Dimension	Material	Codigo/Observaciones
Aprobado			A3 - 001			mm	----	

EJE DE HELICOIDAL

1. Eje

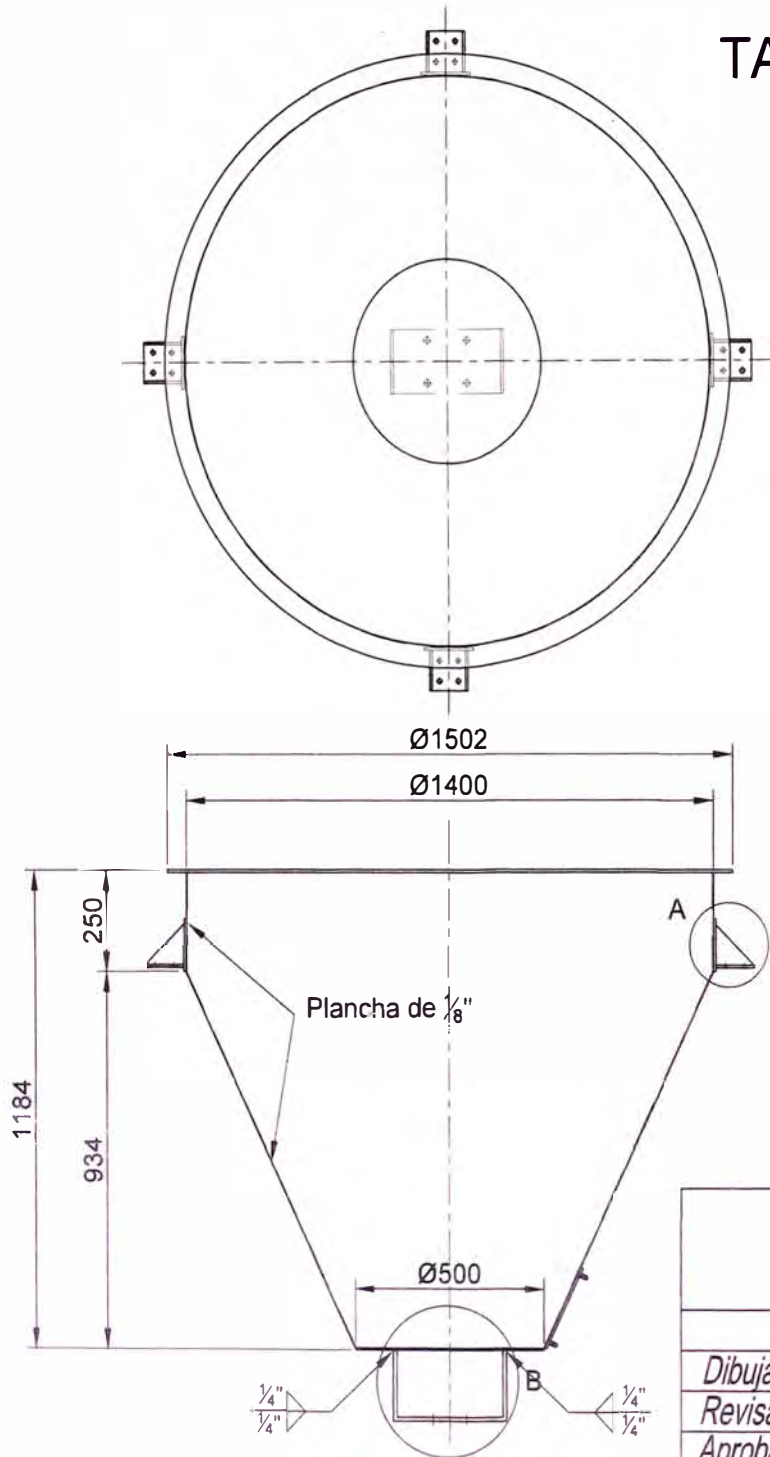


2. Chaqueta

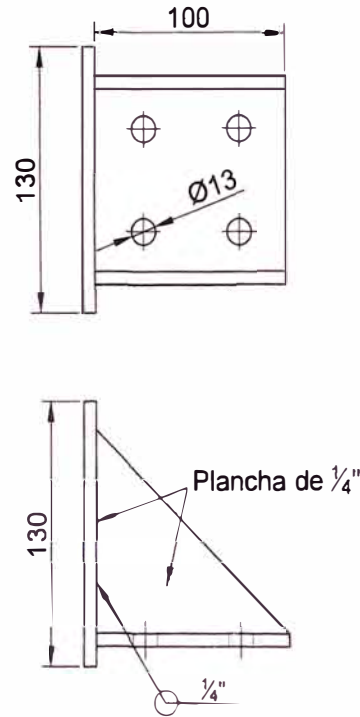


C:\Documents and Settings\Administrador\Mis documentos\Mis imagenes\YRS-AS.bmp				PAMOLSA				
				EJE DE HELICOIDAL				
	Nombre:	Fecha:	Escala					
Dibujado	Renzo Izquierdo	03/10/13	0.35					
Revisado	-----		Nro.Plano	Fza.	Cant.	Dimension	Material	Codigo/Observaciones
Aprobado			A3-002			mm	INOX	

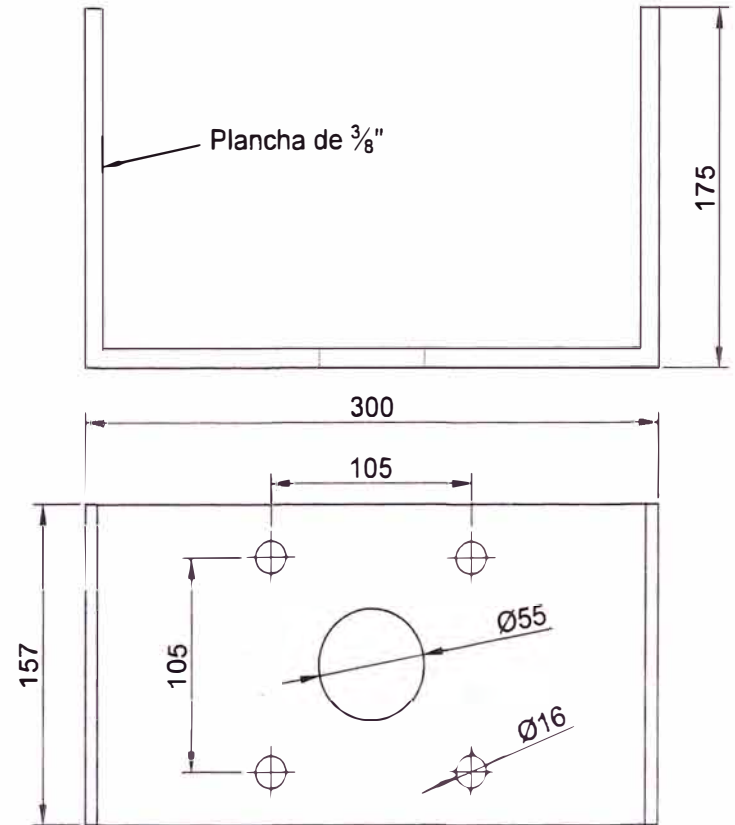
TANQUE DEL MEZCLADOR VERTICAL



DETALLE A



DETALLE B



C:\Documents and Settings\Administrador\Mis documentos\Mis Imagenes\YRS-AS.bmp				PAMOLSA				
				TANQUE DE MEZCLADOR VERTICAL				
	Nombre:	Fecha:	Escala					
Dibujado	Renzo Izquierdo	03/10/13	1:20					
Revisado	-----		Nro.Plano	Pza.	Cant.	Dimension	Material	Codigo/Observaciones
Aprobado			A3 - 002			mm	----	