

**ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE LA
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA**

Unidad Valle de las Palmas

Ingeniería Mecánica



**DISEÑO Y MANUFACTURA DE MEZCLADOR DE PALETAS INCLINADAS
INGENIERÍA**

Tesis que presenta:

Jesús Francisco Alvarado Mendoza

Para obtener el grado:

Ingeniero Mecánico

Director de tesis:

M.C. Benjamín González Vizcarra

Tijuana B.C. a 1 de junio del 2020



INDICE

1	CAPÍTULO	14
1.1	RESUMEN.	14
2	CAPÍTULO: ANTECEDENTES.....	17
2.1	Que es una mezcla.	17
2.2	Que es un mezclador.....	17
2.3	Tipos de mezclas.	18
2.4	Funciones y aplicaciones de un mezclador y/o agitador.	20
2.5	Criterios para la selección de un mezclador.	20
2.6	Tipos de mezcladores.....	20
2.6.1	Mezcladores móviles.....	21
2.6.1.1	Mezclador de Tambor.	21
2.6.1.2	Mezclador de Doble Cono.....	22
2.6.1.3	Mezclador en V o de Calzoncillos.....	22
2.6.2	Mezcladores Estacionarios.....	23
2.6.2.1	Mezclador de paletas o brazos.....	23
2.6.2.2	Paletas de movimiento planetario.....	24
2.6.2.3	Mezcladores de hélices o helicoidales.....	24
2.6.2.4	Mezclador de Cintas.....	25
2.6.2.5	Mezclador Sigma.....	26
2.6.2.6	Mezclador en Barra Z.....	26
2.6.2.7	Mezclador de turbina o de impulsor centrífugo.....	26
2.6.2.8	Soplante de turbina o ventilador centrífugo.....	27
2.7	Tipos de impulsadores.....	30
2.7.1	Impulsores de Pala.....	30
2.7.2	De pala tipo ancla.....	30
2.7.3	De pala tipo paleta o rejilla.....	31
2.7.4	Impulsores de Hélice.....	32
2.7.5	Impulsores de turbina.....	33
2.7.6	De turbina tipo hojas planas.....	34
2.7.7	De turbina tipo hojas inclinadas.....	34
2.7.8	De turbina tipo hojas curvas.....	35



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

2.7.9	De turbina tipo hojas planas y disco.	36
2.8	Tipos de flujos.	37
2.9	Flujo circulatorio.	38
2.9.1	Prevención del flujo circulatorio.	39
2.9.1.1	Descentrado del eje.	39
2.9.1.2	Posición lateral del agitador.	40
2.9.1.3	Utilización de placas deflectoras.	41
2.10	Semejanzas geométricas.	43
2.10.1	Sistema de agitación de tipo hélice.	44
2.10.2	Sistema de agitación de tipo palas inclinadas.	45
2.10.3	Sistema de agitación de tipo turbina.	46
2.11	Tipos de materiales.	47
2.11.1	Metales.	47
2.11.2	Metales Ferrosos.	48
2.11.3	Metales no Ferrosos.	49
2.11.4	Cerámicos.	50
2.11.5	Polímeros.	50
2.11.5.1	Los polímeros termoplásticos.	51
2.11.5.2	Los polímeros termoestables.	51
2.11.5.3	Los elastómeros.	51
2.12	Aluminio.	51
2.12.1	Propiedades.	52
2.12.2	Procedimiento de obtención.	52
2.12.2.1	Extracción del óxido de aluminio puro Al_2O_3 (alúmina) de la bauxita.	52
2.12.2.2	Reducción electrolítica del óxido de aluminio.	52
2.12.3	Aplicaciones.	53
2.13	Acero.	56
2.13.1	Propiedades.	57
2.13.2	Procedimiento de obtención.	57
2.13.3	Aplicaciones.	58
2.14	Plástico (Nylamid).	59
2.14.1	Aplicaciones.	60



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

2.14.2	Propiedades.....	61
2.15	Breve historia de la manufactura.....	62
2.16	Selección del proceso de manufactura.....	64
2.16.1	Proceso de fundición.....	64
2.16.2	Proceso de deformación.....	65
2.16.2.1	Forjado.....	65
2.16.2.2	Laminado.....	68
2.16.3	Proceso de remoción de material.....	69
2.16.3.1	Torneado.....	69
2.16.3.2	Taladrado.....	72
2.16.3.3	Fresado.....	74
2.16.4	Control Numérico Computarizado.....	79
2.16.4.1	Torno CNC.....	79
2.16.4.2	Fresadora CNC.....	80
2.17	Herramienta de corte.....	81
2.18	Herramientas computacionales (software).....	82
2.18.1	AutoCAD.....	83
2.18.2	SolidWorks®.....	83
3	CAPÍTULO: OBJETIVO GENERAL.....	85
3.1	Objetivo específico.....	85
4	CAPÍTULO: JUSTIFICACIÓN.....	86
5	CAPÍTULO: DISEÑO DEL MEZCLADOR.....	87
5.1	Recipiente.....	88
5.2	Agitador del mezclador.....	89
5.3	Tapa.....	94
5.4	Acoplamiento.....	99
5.5	Cabeza de Tornillos.....	100
5.6	Opresor para el acoplamiento.....	102
5.7	Opresores para cabeza de tornillos.....	102
5.8	Vástago roscado.....	103
5.9	Anillo de seguridad.....	104
6	CAPÍTULO: PROCESO DE MANUFACTURA.....	107



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

6.1	Recipiente.....	107
6.2	Tapa.....	116
6.3	Agitador del mezclador.....	131
6.4	Acoplamiento.....	139
6.5	Cabeza de Tornillo.....	141
7	CAPÍTULO: ENSAMBLE DEL MEZCLADOR DE PALETAS INCLINADAS.....	148
8	CAPÍTULO: CONCLUSIONES.....	159
	Diseño	159
	Material	160
	Proceso de manufactura	160
	Prototipo	160
	Trabajos futuros	161
9	CAPÍTULO: REFERENCIAS.....	162



INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: a) Arcilla roja siendo mezcla homogénea, b) Agua con aceite siendo mezcla heterogénea.....	19
Imagen 2: a) Mezcladora de tambor, b) Mezclador en V o de Calzoncillos, c) Mezclador de doble cono. (Hidalgo & Ordóñez, 2012).....	23
Imagen 3: a) Mezclador de Cinta, b) Mezclador de paletas de movimiento planetario, c) Mezclador de hélices o helicoidales, d) Mezclador de paletas horizontal. (Hidalgo & Ordóñez, 2012).....	25
Imagen 4: a) Mezclador de Sigma, b) Mezclador de impulsor centrifugado, c) Mezclador en barra Z. (Gordillo, 2013).....	27
Imagen 5: Impulsor de pala tipo ancla. (Uribe, 2013).....	31
Imagen 6: Impulsor de pala tipo paleta o rejilla. (Uribe, 2013).....	32
Imagen 7: Impulsor de hélice. (Uribe, 2013).....	33
Imagen 8: Impulsor de turbina tipo hojas planas. (Uribe, 2013).....	34
Imagen 9: Impulsor de turbina tipo hojas inclinadas. (Uribe, 2013).....	35
Imagen 10 : Impulsor de turbina tipos hojas curvas. (Uribe, 2013).....	36
Imagen 11: Impulsor de turbina tipo hojas planas y disco. (Uribe, 2013).....	36
Imagen 12 : Flujo axial, radial y tangencial respectivamente.(Uribe, 2013).....	38
Imagen 13: Mezclador de impulsor centrifugado. (Uribe, 2013).....	39
Imagen 14: Mezclador de impulsor centrifugado. (Uribe, 2013).....	40
Imagen 15: Mezclador de impulsor centrifugado. (Uribe, 2013).....	40
Imagen 16: Placas deflectoras distribuidas en el estanque. (Uribe, 2013).....	43
Imagen 17: Mezclador de impulsor hélice. (Uribe, 2013).....	44
Imagen 18: Mezclador de impulsor palas inclinadas. (Uribe, 2013).....	45
Imagen 19: Mezclador de impulsor turbina. (Uribe, 2013).....	46
Imagen 20: Diagrama de Venn que muestra los tres tipos de materiales básicos más los compuestos. (Shackelford, s/f).....	47
Imagen 21: Muros y puertas fabricadas de aluminio. (“Aluminio”, 2013).....	54
Imagen 22: Marcos y perfiles de aluminio. (“Aluminio”, 2013).....	54
Imagen 23: Radiadores. (“Aluminio”, 2013).....	55
Imagen 24: Contenedores y envolturas flexibles de aluminio. (“Aluminio”, 2013).....	56
Imagen 25: Carrocería de carro. (“Características del Acero”, s/f).....	58
Imagen 26: Utensilios de cocinas fabricadas a partir de acero. (“Características del Acero”, s/f).....	59
Imagen 27: Uso del Nylamid en la industria para fabricación de piezas mecánicas. (Nylamid, s/f).....	61
Imagen 28: Molde abierto (izquierda) y molde cerrado (derecha). (Aronson, 2004).....	65
Imagen 29: Forjado de troquel abierto. (Groover, 2007).....	66
Imagen 30: Forjado de troquel impreso. (Groover, 2007).....	67
Imagen 31: Forjado sin rebaba. (Groover, 2007).....	68
Imagen 32: Procesos de laminado. (Kalpakjian, S & Schmid, 2003).....	68
Imagen 33: Torno convencional y sus partes. (Groover, 2007).....	70
Imagen 34: Torneado.(Groover, 2007).....	70
Imagen 35: Operaciones de maquinado. (Aronson, 2004).....	72



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Imagen 36: Taladrado. (Groover, 2007).....	73
Imagen 37: Tipos de operaciones en el taladrado. (Aronson, 2004).....	74
Imagen 38: Fresado Convencional.(Trent, 2000).....	75
Imagen 39: Fresado periférico y Frontal respectivamente. (Trent, 2000).....	76
Imagen 40: Tipos de fresado periférico.(Trent, 2000)	77
Imagen 41: Fresado ascendente y Fresado descendente. (Trent, 2000)	77
Imagen 42: Tipos de fresado frontal. (Trent, 2000)	78
Imagen 43: Máquina de torno CNC. (Groover, 2007)	79
Imagen 44: Máquina de fresadora CNC. (Groover, 2007).....	80
Imagen 45: Herramienta de un solo filo. (Trent, 2000).....	81
Imagen 46: Herramienta de múltiples filos. (Trent, 2000).....	82
Imagen 47: Vista explosionada de todas las partes que conformara el mezclador de paletas inclinadas.....	87
Imagen 48: Vista isométrica del mezclador de paletas inclinadas.	88
Imagen 49: a) Medidas del recipiente b) Vista isométrica del recipiente.	89
Imagen 50: a) Vista isométrica de las paletas del agitador, b) Vista superior de la paleta mostrando el ancho que nosotros le proporcionamos, c) Vista lateral de la paleta del agitador con sus medidas correspondientes.....	91
Imagen 51: a) Vista lateral del cilindro pequeño con su longitud, b) Vista frontal del cilindro pequeño mostrando su diámetro, c) Vista isométrica del cilindro pequeño.....	92
Imagen 52: Dimensiones del eje principal de agitador.	93
Imagen 53: a) Vista isométrica del agitador, b) Dimensiones de los barrenos para unir las paletas al agitador.	93
Imagen 54: a) Agitador ensamblado y mostrando todas sus piezas que la conforman, b) Acercamiento a las paletas con el cilindro unidos, c) Vista isométrica del cilindro pequeño del agitador, d) Vista isométrica de la Paleta del agitador.	94
Imagen 55 : a) Vista frontal del rodamiento de bolas rígidas con sus dimensiones, b) Vista lateral del rodamiento mostrando su espesor, c) Vista isométrica del rodamiento.	95
Imagen 56: a) Vista frontal de la tapa del mezclador, b) Vista lateral de la tapa del mezclador.	96
Imagen 57: a) Vista frontal de la tapa del rodamiento, b) vista lateral de la tapa del rodamiento.....	97
Imagen 58 : a) Vista frontal del tornillo a utilizar para sujetar la tapa del rodamiento, b) Vista superior del tornillo.	98
Imagen 59: Tapa del mezclador ensamblada con todas sus partes.....	98
Imagen 60: a) Diámetro del acoplamiento y el diámetro del barreno que atravesará el cuerpo del cilindro, b) Profundidad que se le dará con el machuelo para utilizar los opresores, c) Vista isométrica del acoplamiento, d) Acoplamiento de forma cilíndrica mostrando su longitud y el diámetro del barreno.....	100
Imagen 61: a) Vista lateral de las cabezas de los tornillos, b) Medidas frontal de la cabeza del tornillo.	101
Imagen 62: a) Vista isométrica de la cabeza del tornillo, b) Operación del moleteado realizada en la cabeza de los tornillos para poder tener un mejor agarre.	101
Imagen 63: a) Vista superior del opresor con cabeza hexagonal interna, b) Vista isométrica del opresor, c) Vista lateral del opresor mostrando su longitud.	102



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Imagen 64: a) Vista superior del opresor con cabeza hexagonal interna, b) Vista isométrica del opresor, c) Vista lateral del opresor mostrando su longitud.	103
Imagen 65: a) Vista lateral del tornillo mostrando la longitud y el diámetro, b) Vista isométrica del tornillo.	104
Imagen 66: a) Vista frontal del anillo de seguridad, b) Vista isométrica del anillo de seguridad, c) Vista lateral del anillo de seguridad.	105
Imagen 67: Vista explosionada de todas las piezas que conforman el mezclador de paletas inclinadas.	106
Imagen 68: a) Nylamid con diámetro de 114.3 mm y 609.3mm de longitud, b) Utilizando la sierra para poder obtener un cilindro de 114.3mm de diámetro y 152mm de largo.	108
Imagen 69: a) Centrando el cilindro, b) Barrenado el cilindro con la broca de centro.	109
Imagen 70: a) Barrenado de aproximadamente 25.4 mm, b) Verificación de la medida interna.	110
Imagen 71: a) Realizando el programa para obtener el recipiente a partir del cilindro cortado, b) Inicio del Barrenado interno, c) Tomando forma el cilindro para que sea el recipiente.	111
Imagen 72: a) Proceso de cilindrado interno a punto de culminar, b) Cilindrado interno terminado, c) Recipiente del mezclador sin los barrenos.	112
Imagen 73: a) Buscando el centro del recipiente en la fresadora CNC, b) Iniciando con el barrenado con la broca de centro.	113
Imagen 74: a) Realizando el barrenado en el recipiente, b) Generando la cuerda con el machuelo y el maneral.	114
Imagen 75: Presentando el tornillo en la cuerda que se realizó.	115
Imagen 76 : a) Presentación final del recipiente del mezclador maquinado, b) Mezclador del recipiente diseñado.	116
Imagen 77: a) Realizando el corte en el cilindro del Nylamid para obtener una fracción de este para realizar la tapa, b) La fracción que se utilizara para poder realizar la tapa del mezclado de forma cilíndrica.	117
Imagen 78: a) Posicionando la fracción del Nylamid en el torno convencional para realizar el careo, b) Realizando el proceso de careado de la pieza.	118
Imagen 79: a) El medidor de altura y la pieza cilíndrica, b) El centro de la pieza cilíndrica encontrado y marcado por el medidor de altura, c) La pieza cilíndrica en la prensa de la fresadora CNC.	118
Imagen 80: a) Realizando el programa en la fresadora CNC para hacer el desbaste, b) Realizando el desbaste en la pieza cilíndrica.	119
Imagen 81: a) Realizando el programa en la fresadora CNC, b) Operación de cilindrado en la pieza para obtener la pieza con los valores capturado en el programa.	120
Imagen 82: a) Pieza cilíndrica con las medidas descritas para realizar el barrenado para colocar el rodamiento de bolas rígidas, b) Realizando el barreno en la pieza de 19.05mm, c) Barreno terminado en el centro de la pieza con 19.05mm de diámetro y profundidad de 7.112mm.	120
Imagen 83: a) Generando el barrenado más pequeño con diámetro de 19.05mm y profundidad de 25.4mm, b) Los barrenos realizados en el centro de la pieza cilíndrica. ..	121
Imagen 84 : a) Colocando la pieza cilíndrica en el torno de CNC para poder hacer el cilindrado, b) La operación del cilindrado en ejecución, c) Dejando la pieza con una el diámetro de 103.63mm y 25.4mm de longitud.	122



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Imagen 85: a) Realizando el programa para hacerle la pestaña a la tapa con las medidas antes descritas, b) Proceso del cilindrado acabado con la pestaña de la tapa.	123
Imagen 86: a) Realizando el barreno en la pieza reciclada para obtener la tapa del rodamiento, b) Realización del cilindrado de la pieza.....	124
Imagen 87: a) Realizando el corte de la pieza, b) Pieza obtenida que se utilizara para la tapa del rodamiento.	124
Imagen 88: a) Realizando el careado de la pieza en la fresadora CNC, b) Tapa del rodamiento con el espesor de 8.24mm.	125
Imagen 89: a) Indicador de centro utilizado en la pieza, b) Realizando los barrenos de 7.112mm.....	126
Imagen 90: a) Tapa del rodamiento maquinada, b) Tapa del rodamiento diseñada.....	126
Imagen 91: a) Utilizando el indicador de centro en la tapa del recipiente, b) Utilizando el indicador de centro en la tapa del recipiente, c) Realizando con un machuelo la cuerda interna para poder utilizar los tornillos.....	127
Imagen 92: Realizando el barrenado en la tapa atravesando la pieza.	128
Imagen 93 : a) Tapa del recipiente terminada b) Vista cercana a los barrenos donde será colocado el rodamiento de bolas rígidas.	129
Imagen 94: a) La tapa del mezclador maquinada ensamblada, b) La tapa del mezclador diseñada.	130
Imagen 95 : Realizando el careo superficial a la pieza cilíndrica.	131
Imagen 96: a) Programando la CNC para obtener los cilindros y las paletas del mezclador, b) Empezando con los cortes en la pieza.....	132
Imagen 97: Maquinando los cilindros pequeños y paletas del mezclador.	132
Imagen 98: a) Obteniendo las paletas del mezclador maquinadas, b) Las paletas del mezclador.....	133
Imagen 99: Maquinando las paletas para obtener el ancho de las paletas calculado.	133
Imagen 100: Realizando el barreno a las paletas que fungirá para unir el cilindro con la paleta.....	134
Imagen 101: Las 3 paletas con sus respectivos cilindros unidos.....	134
Imagen 102: Pieza cilíndrica.	135
Imagen 103: a) Colocando la pieza cilíndrica en el torno convencional, b) Realizando la operación del maquinado en la pieza cilíndrica.....	135
Imagen 104: a) Realización del corte del eje del mezclador con el arco con segueta, b) Realizando el cilindrado donde se dejará a 6.35 mm de diámetro con 50.8 mm de largo.	136
Imagen 105: a) Alineando el eje en la fresadora, b) Realizando los barrenos en el eje.	137
Imagen 106: a) Eje principal de agitador diseñado, b) Eje del agitador maquinado.....	137
Imagen 107: a) Eje principal del agitador con las paletas maquinado, b) Eje principal del agitador con las paletas diseñado.....	138
Imagen 108: a) Iniciando el Programa para realizar el acoplamiento, b) Realizando la pieza en la fresadora CNC, c) Obteniendo la pieza con las dimensiones descritas.	139
Imagen 109: a) Realizando los barrenos que fungirán para hacerle la cuerda con el machuelo, b) Realizando la cuerda los machuelos para poder utilizar los opresores, c) Presentando los opresores en la pieza.....	140
Imagen 110: a) Acoplamiento maquinado, b) acoplamiento diseñado.	141



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Imagen 111: a) Barra cilíndrica de aluminio con el medidor de altura, b) Realizando un careado a la barra cilíndrica.....	142
Imagen 112: a) Realizando el barrenado con la broca de centro, b) Realizando el cilindrado en la pieza, c) Barrenado para introducir el vástago roscado.	143
Imagen 113: Realizando el barrenado con la broca de centro.	143
Imagen 114: a) Generando la cabeza del tornillo, b) Cabezas de los tornillos.	144
Imagen 115: a) Realizando la operación del moleteado, b) Presentando el cuerpo del tornillo a la cabeza de los tornillos maquinados, c) Los tornillos comprados una vez que se les quito la cabeza.	145
Imagen 116: a) Empezando a realizar el barrenado iniciando con una broca de centro, b) Realizando el barrenado a la pieza, c) Realizando la cuerda en el barreno que fungirá para colocar el opresor.....	146
Imagen 117: a) El tornillo totalmente terminado que fungirá para mantener el mezclador cerrado, b) El moleteado que se obtuvo y nos ayudara a tener más agarre en la cabeza del tornillo y así poder abrir y cerrar el mezclador sin problemas.	146
Imagen 118: a) cabeza del tornillo maquinada, b) cabeza de tornillo diseñada.	147
Imagen 119: a) vástago roscado obtenido de un tornillo, b) vástago roscado diseñado ...	147
Imagen 120: Todas las partes del mezclador de paletas inclinadas maquinadas.	148
Imagen 121: Todas las partes del mezclador de paletas inclinadas diseñadas.	148
Imagen 122: a) partes del eje principal del mezclador, b) Ensamble del eje principal de agitador vista frontal, c) Ensamble del eje principal de agitador vista superior.....	150
Imagen 123: a) Tapa del mezclador, b) Tapa y eje del agitador ensamblado.	151
Imagen 124: a) Tapa del rodamiento, b) Las piezas para realizar el ensamble, c) Ensamble de la tapa terminado.....	152
Imagen 125: a) cilindros pequeños y paletas, b) ensamble de las peltas y los cilindros pequeños, c) Mostrando la estructura del agitador montado al eje con las paletas inclinadas a una inclinación no mayor a 45°.	153
Imagen 126: Paleta inclinadas cercana mostrando la inclinación que debe de tener de 45°	153
Imagen 127: a) Las 3 partes que conforman al tornillo, b) Ensamblado el tornillo que fungirá para mantener cerrado el mezclador.	154
Imagen 128: a) Las 3 partes principales del mezclador, b) El mezclador de paletas inclinadas ensamblado.	155
Imagen 129: a) el acoplamiento y opresores, b) El mezclador de paletas inclinadas listo para su uso.	156
Imagen 130: a) Mezclador de paletas inclinadas maquinado, b) Mezclador de paletas inclinadas diseñado.....	157
Imagen 131: a) Motor para el mezclador, b) Presentando el mezclador de paletas inclinadas en el eje del motor.	158



INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Las funciones que debe de tener un mezclador. (Gordillo, 2013).....	20
Tabla 2: Los criterios que se deben considerar para seleccionar un buen mezclador. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)	20
Tabla 3: Características de los mezcladores móviles.	28
Tabla 4: Características de los mezcladores estáticos	28
Tabla 5: Características principales de impulso de pala tipo ancla. (Uribe, 2013)	31
Tabla 6: Características principales de impulso de pala tipo paleta o rejilla. (Uribe, 2013)	32
Tabla 7: Características principales de impulsor de hélice. (Uribe, 2013).....	33
Tabla 8: Características principales de impulsor de turbina tipo hojas inclinadas. (Uribe, 2013).....	35
Tabla 9: Características principales de impulsor de turbina tipo hojas planas y disco.(Uribe, 2013).....	37
Tabla 10: Dimensión de placas deflectoras (en mm). (Uribe, 2013).....	42
Tabla 11: Semejanzas geométricas impulsor tipo hélice. (Uribe, 2013).....	44
Tabla 12: Semejanzas geométricas impulsor tipo palas inclinadas. (Uribe, 2013)	45
Tabla 13: Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina. (Uribe, 2013)	46
Tabla 14: Propiedades del Nylamid. (Nylamid, s/f).....	60
Tabla 15: Sectores industriales donde se utilizan productos de Nylamid. (Nylamid, s/f)...	61
Tabla 16: El uso frecuente de este material. (Nylamid, s/f)	61
Tabla 17: Dimensiones de la Paleta del agitador.	90
Tabla 19: Velocidad de corte de Nylamid según la operación.	107



Dedicatoria

Quiero dedicar esta tesis con todo mi amor y cariño a mis padres Ana Victoria y Víctor Hugo que con mucho sacrificio y esfuerzo creyeron en mi capacidad para alcanzar mis metas planeadas donde estuvieron siempre apoyándome incondicionalmente, aunque hemos pasado por momentos difíciles siempre me brindaron su comprensión, amor y cariño.

A mi hermana Evelyn Yesenia por estar siempre a mi lado apoyándome en todo momento.

A mi pareja Alejandra Ayala que estuvo siempre ayudándome en cualquier momento para poder salir adelante ante cualquier obstáculo.

A mis tíos por darme sus palabras de aliento en todo momento.

“El fracaso es una gran oportunidad para empezar otra vez con
inteligencia”

Henry Ford

“El hombre nunca sabe de lo que es capaz hasta que lo intenta”

Charles dickens



Agradecimientos

Al M.C. Benjamín González Vizcarra, por apoyarme y motivarme en cada momento y darme la oportunidad de realizar diferentes tipos de trabajos investigativos de los cuales me ayudaran a desarrollarme en el ámbito laboral y profesional.

A la Dra. Miriam Siqueiros Hernández por cada uno de sus consejos que me brindo y al mismo tiempo motivarme para poder seguir adelante en cada una de mis actividades.

Al M.C. Alberto Delgado Hernández & Med. Miguel Ávila Puc por apoyarme, guiarme y compartir cada uno de sus conocimientos de los diferentes procesos de manufactura que realice en proyectos.

A Jorge Carreto Reyes por haberme brindado su apoyo económico para poder culminar con mis estudios y estar en todo momento orientándome.

Quiero agradecer al CA de "**Optimización de sistemas Mecánicos**" con apoyo de los proyectos de la Convocatoria Interna de Proyectos sin financiamiento 351/2285 *Determinación de principales Parámetros T, V, I de Deposición de Películas Delgadas de TiB₂ en Sustratos Metálicos de Aluminio 6061 Y 351/2296 Diseño y Fabricación de Dado Para Extrusión* de la Universidad Autónoma de Baja California.



1 CAPÍTULO

1.1 RESUMEN.

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).

Para diseñar un buen mezclador hay que tener en cuenta no solo el elemento mezclador sino también la forma del recipiente para evitar un recipiente inadecuado y producir un embotellamiento de la mezcla.

Existen diferentes tipos de mezcladores tales como, Hélices o helicoidales, de paletas o brazos, centrífugos entre otros, donde cada uno tiene un diferente agitador o impulsor donde dependiendo de su geometría y selección se obtendrán diferentes flujos, como axial, radial o tangencial.

Con base a lo anterior se determinó que existen en el mercado dos tipos de mezcladores; los estacionarios y los móviles donde cada uno tiene funciones diferentes donde se pueden mezclar los 4 estados de la materia según las características y funcionamiento de cada uno. Sin embargo, no solamente se debe de considerar el tipo de mezclador que se quiere obtener si no también conocer los diferentes tipos de procesos de manufactura que se pueden implementar para obtenerlos ya que existen diferentes tipos de procesos que conforme a la geometría y tipo de mezclador a seleccionar se seleccionara el proceso de manufactura que se empleara para obtener el mezclador, donde el mezclador a diseñar y manufacturar sería un mezclador de paletas inclinadas;

De tal manera que una vez seleccionado el tipo de mezclador se empezó a realizar el diseño de cada una de las partes que lo conformaran donde se necesitará un software que permitirá realizar el modelado de piezas mecánicas en 3D donde el software a emplear sería el Solid Works, y en base al diseño de las piezas obtenidas se realiza el proceso de manufactura donde el proceso seleccionando fue el de remoción de material (torno, fresa y taladrado) y control número computarizado (CNC).



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Diseño.

Para el diseño del *impulsor / agitador* se tomó en cuenta el tipo de flujo (Radial/Axial) y las RPM (400 RPM max), el bajo costo y un eficiente proceso de manufactura. Además de la versatilidad del agitador y su geometría ya que esta permite ser utilizado de manera rápida y sencilla dando como resultado un mantenimiento mínimo y económico.

Material.

El material ideal con el que será realizado el mezclador será el de Nylamid donde fue utilizado el material en una presentación de forma cilíndrica con un diámetro de 114.3mm y un largo de 609.6mm.

Proceso de manufactura

El proceso de manufactura que se propuso para obtener las piezas que conformaran el mezclador será mediante el proceso de remoción de material (Torno, Fresa y Taladrado) y Control Numérico Computarizado (CNC) ya que se manufacturaran piezas muy pequeñas y de realizar las piezas con algún otro proceso pudiera presentarse alguna fisura en las piezas obteniendo alguna ruptura prematura de las partes que conforman al mezclador, de tal manera se utilizaron cortadores, buriles, brocas y machuelos de dimensiones pequeñas para obtener la geometría del mezclador.

Prototipo

El prototipo que se obtuvo fue un mezclador de paletas inclinadas con una altura de 119mm y un diámetro de 103mm donde su volumen del mezclador es de 991cm^3 , este mezclador tiene un tiempo de manufactura de alrededor de 3 semanas, realizando jornadas de 8 horas diarias 5 días a la semana, donde las horas hombre es alrededor de 50% y las horas maquinas son del 50% con respecto a las 3 semanas considerando que ya se tiene el diseño del mezclador, el material de Nylamid, las herramientas de corte, programas y subprogramas para el torno y fresadora de control número computarizado, cabe señalar que este mezclador tiene un costo de \$10,000.00 pesos donde este precio ya incluye las 14 piezas que lo conforman con el material, mano de obra y el proceso de manufactura.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Trabajos futuros

Como trabajos futuros se podría implementar la utilización de placas deflectoras donde estas nos ayudaran a realizar el mezclado a altas RPM, otro punto a señalar es que se pudiera realizar diferentes tipos de agitadores y de ese modo cambiar el agitador y obtener diferentes tipos de flujos ya sea axial, radia o tangencial según cual desee el operador.

De manera general el haber realizado este trabajo de tesis me ha brindado obtener nuevos conocimientos y habilidades que me ayudaran para emplearlos en el ámbito laboral y poder estudiar una maestría, realmente fue una muy buena decisión el haber realizado el trabajo de tesis donde emplee los conocimientos adquiridos de las diferentes asignaturas que tiene el mapa curricular de la carrera ingeniería mecánica.



2 CAPÍTULO: ANTECEDENTES.

2.1 Que es una mezcla.

Una mezcla es una materia constituida por diversas moléculas y es una de las operaciones unitarias de la ingeniería química más difíciles de someter a un análisis científico. Hasta el presente no se ha desarrollado ninguna fórmula o ecuación aplicable al cálculo de grado de realización al que se verifica la mezcla, o la velocidad con que se realiza, en determinadas condiciones. Se dice a veces que solo 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 mezclas de plásticos y sólidos) dentro del recipiente. (Asachi, Nourafkan, & Hassanpour, 2018)

La mezcla tiene por objetivo combinar todos los componentes que entran en distinta proporción y con características muy variadas, como densidad, tamaño, etc. Para conseguir la distribución uniforme de cada materia prima, es decir homogenizar el producto, esto crea un valor agregado que no existe en los ingredientes de manera individual. Las cantidades de cada componente que se van a mezclar dependen del tipo de fórmula que se esté realizando, la cual previamente se balancea de acuerdo a la composición de las materias primas. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)

2.2 Que es un mezclador.

El mezclador 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). (Harby, N & Edwards, 2001)

Un buen mezclador es aquel que mezcle todo el lote del producto en forma suave, además de ser fácil de limpiar, descargar, tener poca fricción, buena hermeticidad, alta movilidad, fácil mantenimiento y bajo consumo de energía. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Existen diversos tipos de agitadores o mezcladores ideales en la industria alimentaria, química, farmacéutica, cosmética, de pinturas, entre otras; en donde sus procesos de fabricación involucran operaciones como: suspensión, disolución, dispersión, emulsión, mezclado, homogeneización, circulación, dilución, empastado, rompimiento de partícula, etc. Para realizar estas operaciones es indispensable la utilización de un agitador, un dispersor, un emulsor, etc., para la transformación del producto. (Gordillo, 2013)

La agitación consiste en la puesta en movimiento de un líquido con la ayuda de un sistema de agitación, con el objetivo de que la operación se desarrolle de manera uniforme en todos los puntos del tanque que contiene el producto. Es necesario agitar para:

- Mezclar dos líquidos.
- Dispensar un polvo dentro de un líquido.
- Mantener en suspensión una dispersión líquido-polvo.
- Diluir un catalizador o colorante dentro de su base.
- Disolver sólidos dentro de un solvente, etc. (Gordillo, 2013)

2.3 Tipos de mezclas.

Hay dos tipos de mezclas, la primera es la mezcla homogénea y la segunda es la heterogénea. Estas mezclas se diferencian por la visibilidad de las sustancias que componen cada mezcla.

- **Mezcla homogénea:** Se caracterizan porque las sustancias que la componen no tienen diferencias que puedan ser percibidas a simple vista. Un ejemplo muy común de este tipo de mezcla, es el agua salada. El agua salada o de mar, se compone de dos sustancias, el agua y la sal mineral. Los dos componentes no se diferencian a simple vista, pero no quiere decir que no estén presentes. Si se quiere una definición más profunda, se puede decir que las mezclas homogéneas son la unión entre un soluto y un solvente. El solvente es la sustancia que absorbe al soluto, haciendo que este último no pueda ser visible a simple vista. Si se toma el ejemplo del agua de mar, se puede decir que el agua es el solvente, otro ejemplo es la arcilla donde se compone



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

de calcio, sílice y magnesio donde no se observa a simple vista sus componentes tal como se observa en la

- Imagen 1a. (“Tipos de mezclas químicas | WebDelProfe.com”, 2017)
- **Mezclas Heterogéneas:** Este tipo de mezclas se caracterizan por tener dos sustancias que se pueden diferenciar fácilmente. Al poderse diferenciar fácilmente, la separación de sustancias se convierte en una tarea poco tediosa. Un ejemplo de este tipo de mezcla puede ser el agua y el aceite. Como muchos pueden saber, estos dos compuestos no se pueden unir, y si llegan a estar en un mismo recipiente, es fácil diferenciar qué sustancias es agua y cuál es el aceite tal y como se observa en la
- Imagen 1b. (“Tipos de mezclas químicas | WebDelProfe.com”, 2017)



a)



b)

Imagen 1: a) Arcilla roja siendo mezcla homogénea, b) Agua con aceite siendo mezcla heterogénea.



2.4 Funciones y aplicaciones de un mezclador y/o agitador.

En la tabla 1 se mencionan algunas de las operaciones que se pueden realizar con el mezclador tales como: mezclado, homogenizado por mencionar algunas

Tabla 1: Las funciones que debe de tener un mezclador. (Gordillo, 2013)

Homogenizar	Conversión de polvo a pasta
Solubilidad	Molido y reducción de partículas
Pastizales	Recubrimiento para automóviles
Pinturas	Cerámicas de alta calidad
Tintas de impresión	Dispersión de grafito y magnesio
Dispersión de carbón	Emulsificación
Dispersiones pigmentadas	

2.5 Criterios para la selección de un mezclador.

La selección idónea para la selección del mezclador se realiza en base a los criterios que se presentan a continuación en la tabla 2. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)

Tabla 2: Los criterios que se deben considerar para seleccionar un buen mezclador. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)

Costo	Facilidad de carga/descarga
Seguridad en el uso	Facilidad de acople
Facilidad de uso	Facilidad de fabricación
Tamaño	Vida útil
Mantenimiento	Rendimiento

2.6 Tipos de mezcladores.

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



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

resultar inútil en un recipiente inadecuado. La mezcla es una parte fundamental del proceso, y es importante hacerla bien. Un mezclador bien diseñado puede evitar un embotellamiento en la fabricación. (Fan, Chen, & Watson, 1970)

En la industrial existen dos tipos de mezcladores que se diferencian en su tipo de mecanismo:

- Mezcladores móviles.
- Mezcladores estacionarios.

2.6.1 Mezcladores móviles.

Se basa en el mecanismo de volcamiento del material causado por la rotación del recipiente y fuerza de la gravedad. Para un buen mezclado en estos equipos, los polvos deben ser de dimensiones similares y de flujo fácil. La geométrica asimétrica del equipo produce un movimiento lateral independiente de la acción de volcamiento característico, el proceso de mezclado mejora mucho más si a los equipos se les adapta ejes que giran en dirección opuesta al volcamiento, si su velocidad de rotación es lenta, no se produce el movimiento de cascada o volcamiento en forma intensiva; por el contrario, si es muy rápida, la fuerza centrífuga mantendrá los polvos en los extremos de la carcasa evitando el mezclado. La velocidad optima dependerá del tamaño y forma del mezclado del tipo de material a mezclar (generalmente oscila entre 30 RPM a los 100 RPM). Estos equipos nunca se deben llenar con más del 50% de su capacidad nominal. (Oribe, 2006)

2.6.1.1 Mezclador de Tambor.

El Mezclador de tambor o de volteo es sencillo pero útil. Consiste en un recipiente cilíndrico montado sobre un eje horizontal y que gira con él tal y como se observa en la Imagen 2a. Haciendo girar el cilindro o tambor se mezcla el contenido. Se usa mucho para mezclar polvos, hormigón o concreto. No tiene igual para los trabajos que implican dos o tres fases con materiales tan diferentes como piedras, polvos y agua. Existen varias modificaciones de este tipo. A veces el tambor está montado sobre el eje oblicuamente, para que el impulso irregular acelere y facilite la mezcla. Otras veces, como sucede en el mezclador de hormigón, se construye con placas desviadoras, rascadores o aradores internos que desvían el contenido hacia la salida. En otras variantes gira el recipiente en un sentido y unas aletas interiores en



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

el opuesto. Una modificación empleada, por ejemplo, en la mezcla del fieltro de pelo tiene aletas desviadoras longitudinales. Poniendo las aletas desviadoras en discos perpendiculares al eje que dividan al tambor en varios compartimientos, puede adaptarse este tipo para funcionamiento continuo. (Bauman, 2001)

2.6.1.2 Mezclador de Doble Cono.

Esta es una variante perfectamente definida por su forma. Se le usa solamente para efectuar una mezcla rápida de sólidos. Consiste en un anillo cilíndrico horizontal cuyas bases están unidos dos conos, girando el conjunto lentamente sobre cojinetes laterales. El interior suele estar pulido y libre de obstrucciones para facilitar su limpieza. Durante la rotación, el cono inferior se inclina hasta un punto en el que se sobrepasa el ángulo de reposo del contenido. Las capas superficiales del material ruedan entonces hacia abajo hasta el cono opuesto, seguidas pronto por toda la masa, que resbala rápidamente al interior del otro cono, cuando este se aproxima a su posición más baja. Al chocar con las paredes cónicas, una buena parte del material se desvía hacia el centro y después hacia arriba a través del resto de la masa. Como no hay dos partículas que sigan trayectorias paralelas y puesto que además existe una gran diferencia de velocidades entre las diferentes partículas, se logra rápidamente una gran homogeneidad. Por lo general bastan diez minutos para mezclar bien cualquiera de los materiales. El mezclador se carga o se descarga con rapidez gracias a una válvula de asiento firme y cierre hermético puesta en el vértice de uno de los conos y que se abre y cierra con rapidez tal y como se observa en la Imagen 2c. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)

2.6.1.3 Mezclador en V o de Calzoncillos.

Consiste de dos cilindros unidos en sus extremos con una angulación que oscila entre 45° y 90° tal y como se observa en la Imagen 2b. El principal mecanismo de mezclado que produce es por convención, pero posee unas placas en el eje rotación que produce deslizamientos entre los planos. Este mezclador se recomienda para polvos de baja cohesividad. La rotación del equipo ocurre en un solo plano y su acción cambia la orientación del polvo en 90° o 45° dependiendo del modelo.

Este equipo produce un mezclado suave y por esta razón se utiliza para la adición de aglutinantes, permitiendo la adición uniforme del lubricante a los gránulos en un corte



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

periódico de tiempo sin erosionarlos. Como estos equipos son herméticos, pueden producir vacío y secado además de no contaminar ni de empolvar. Este equipo es el más preciso de los mezcladores de carcasa móvil. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)

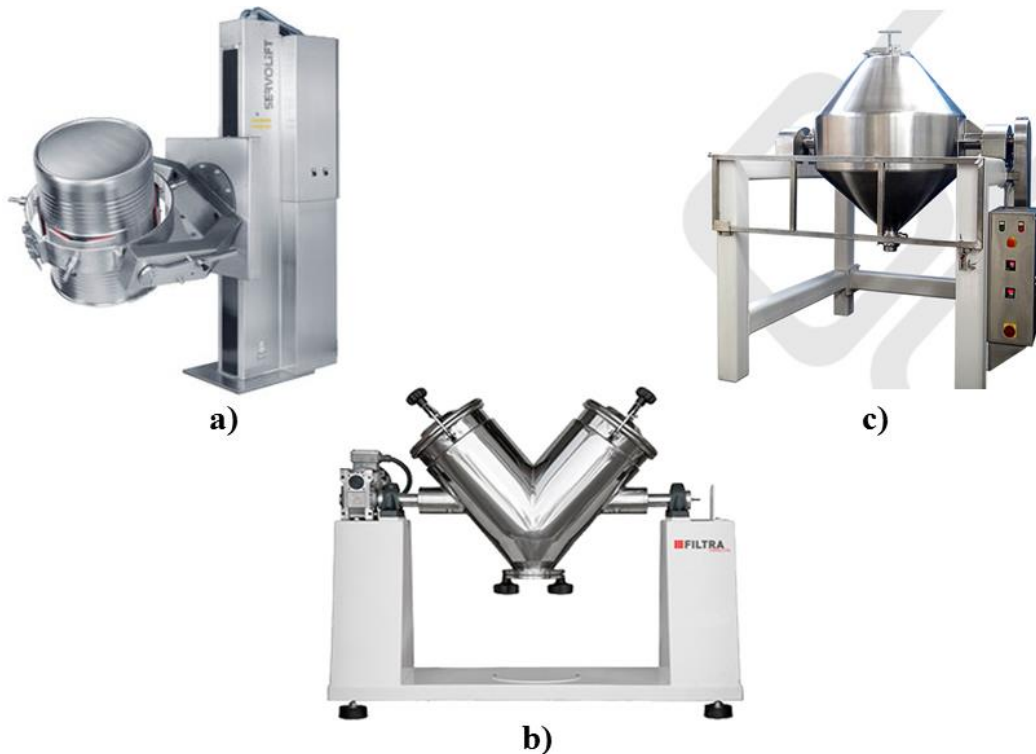


Imagen 2: a) Mezcladora de tambor, b) Mezclador en V o de Calzoncillos, c) Mezclador de doble cono. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)

2.6.2 Mezcladores Estacionarios.

Son equipos donde la carcasa permanece estática, en cuyo interior poseen una serie de elementos que ejecutan el mezclado como aire a chorro, cuchillas, tornillos, hélices o paletas; algunos de estos producen un flujo en forma de vortex o turbulento. En general estos equipos proporcionan un mezclado eficiente sin reducción del tamaño de partícula o generación de calor. Estos equipos son útiles en mezclar sólidos que se han humedecido (que están en forma plástica o pastosa) y además necesitan menos mantenimiento que los de carcasa móvil. (Ozols, 1998)

2.6.2.1 Mezclador de paletas o brazos.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Este es, probablemente el tipo más antiguo de mezclador y consiste en esencia en una o varias paletas horizontales, verticales o inclinadas unidas a un eje horizontal, vertical o inclinado que gira axialmente dentro del recipiente (aunque no siempre está centrado con éste). De esta manera el material que se mezcla es empujado o arrastrado alrededor del recipiente siguiendo una trayectoria circular tal y como se observa en la Imagen 3d. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)

Los mezcladores de paletas o brazos se emplean más que los de ningún otro tipo, porque:

- Son los más antiguos, los más conocidos y los primeros en que se piensa.
- Son muy a menudo de construcción casera.
- El costo inicial es por lo general muy bajo.
- Se obtiene muy buenos resultados en diferentes clases de trabajos.

2.6.2.2 Paletas de movimiento planetario.

Este tipo de agitación guarda relación con las paletas corredizas. Una paleta gira alrededor de un eje situado excéntricamente con respecto al caldero o recipiente, y al mismo tiempo el eje gira alrededor de una línea central del caldero tal y como se observa en la Imagen 3b. Este movimiento planetario hace que la acción mezcladora llegue por turno a todas las partes del caldero, produciéndose así una mezcla local completa, y arrastrando las partículas a lo largo de trayectorias cicloidales que se solapan unas con otras y la entremezclan. Este tipo de mezclador es empleado muchísimo para pastas y masas, especialmente en las industrias alimenticias, pastelerías, fabricación de mayonesas, etc. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)

2.6.2.3 Mezcladores de hélices o helicoidales.

Los mezcladores de hélices proporcionan 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 delante, lo que para todos los fines puede considerarse un cilindro continuo de material, aunque el deslizamiento produce corrientes que modifican bastante esta forma cilíndrica. Puesto que la hélice hace que un cilindro de material se mueva en línea recta, es evidente que la forma del recipiente decidirá la disposición subsiguiente de esta corriente tal y como se observa en la Imagen 3c. (Dante, 2016)



2.6.2.4 Mezclador de Cintas.

Consiste de un tambor horizontal con un eje axial de soporte y un agitador de cintas tal y como se observa en la Imagen 3a o en algunos casos dos ejes paralelos, también existen modelos con ejes en forma de espiral, paletas y de tornillos helicoidal. La rotación alrededor del eje de una sola cinta produce un movimiento radial alrededor de la parte interna del mezclador, al mismo tiempo otra cinta curvada produce un movimiento axial alrededor de la parte interna del mezclador. En otras palabras, la cinta externa hace que el polvo se mueva a lo largo del tambor y la cinta opuesta interna hace que al mismo tiempo en polvo se mueva en dirección opuesta. Estos movimientos evitan que los polvos se acumulen en uno de los extremos. El principal mecanismo de mezclado es el de planos de las diferentes partículas rompiendo los aglomerados. Estos mezcladores con de velocidad bajas, de pequeñas cargas y bajo consumo de energía, Entre sus desventajas esta su difícil limpieza, la abrasión y rompimiento de partícula debido al roce de las cintas y la carcasa. (Atiemo-Obeng & Calabrese, 2004)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

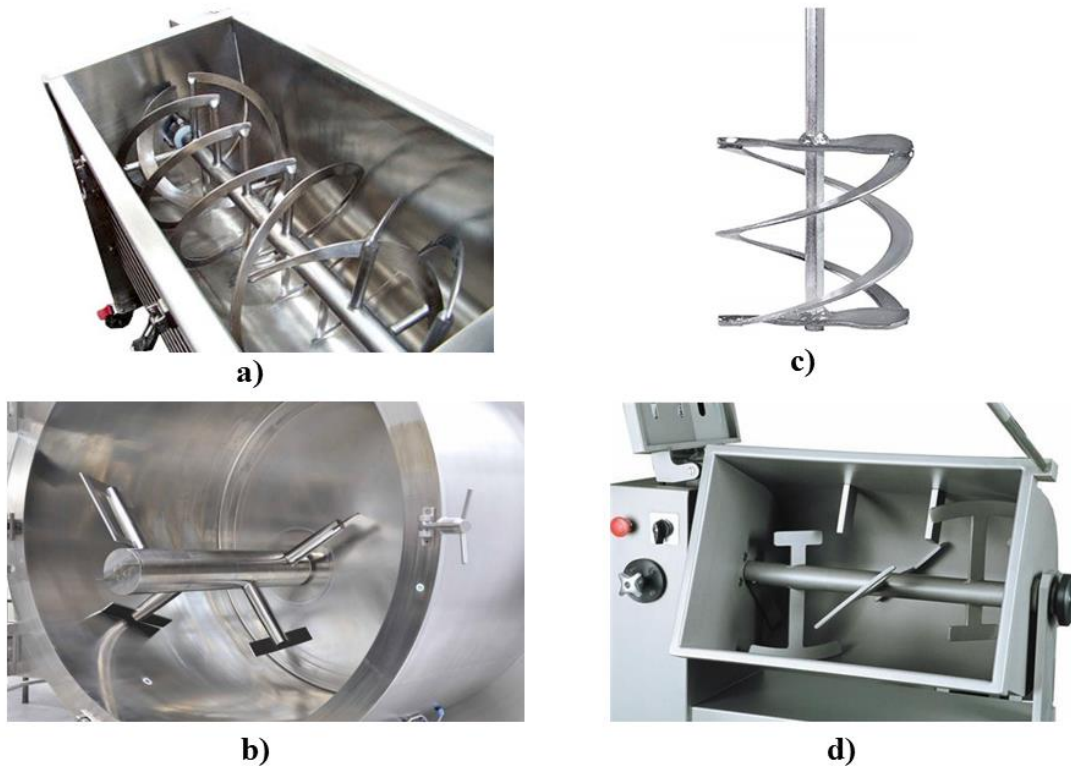


Imagen 3: a) Mezclador de Cinta, b) Mezclador de paletas de movimiento planetario, c) Mezclador de hélices o helicoidales, d) Mezclador de paletas horizontal. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)

2.6.2.5 Mezclador Sigma.

Consiste en un cilindro vertical donde el mezclado ocurre por unas cuchillas tal y como se observa en la Imagen 4a. Es muy eficiente en romper los aglomerados, pero su gran desventaja es que produce calentamiento del material y por lo tanto consume mucha energía. Estos mezcladores se utilizan para incorporar sólidos en líquidos. (Gordillo, 2013)

2.6.2.6 Mezclador en Barra Z.

Consiste en un recipiente de cilindro horizontal con dos ejes paralelos (cuchillas espirales) que rotan en direcciones opuestas y que producen un movimiento tangencial de choque tal y como se observa en la Imagen 4c. Son muy efectivos en la distribución de fluidos en la masa del polvo. Se aplica en el mezclado de masas pegajosas, duras y densas (gomas), granuladoras (CaCO_3), adhesivos dentales y polímeros. Entre sus desventajas se encuentra, la dificultad en el vaciado a pesar de ser el equipo inclinado, su susceptibilidad a la contaminación, su lentitud, alto consumo de energía y su difícil limpieza. (Hidalgo & Ordóñez, 2012)



2.6.2.7 Mezclador de turbina o de impulsor centrífugo.

El mezclador de turbinas se estudia mejor como una o varias bombas centrífugas trabajando en un recipiente casi sin contrapresión el material entra en el impulsor axialmente por su abertura central. Los álabes aceleran el material y lo descargan del impulsor o rodete más o menos tangencialmente a una velocidad bastante elevada. La turbina puede llevar una corona directriz con paletas curvas fijas (difusores) que desvían esas corrientes tangenciales hasta hacerlas radiales. Todo el cambio de dirección de vertical a horizontal y radial se realiza suavemente con la menor pérdida posible de energía cinética, y, en consecuencia, las corrientes radiales llegan aun a gran velocidad a las partes más alejadas del recipiente.

Todo el contenido del recipiente se mantiene en movimiento muy vigoroso y perfectamente dirigido. La potencia que necesita un mezclador de turbina es aproximadamente 30 veces menor que la exigida por una bomba centrífuga exterior circulante que mueva el mismo volumen de líquido, y el impulsor mezclador ira con una velocidad moderada. Por ejemplo, un rotor de 91,5cm gira a unas 75 RPM. Los mezcladores de turbinas son esencialmente útiles para mezclar líquidos viscosos o lodos espesos, suspender sólidos pesados, efectuar disoluciones rápidas, realizar buenas dispersiones y hacer mezclas en recipientes de formas irregulares tal y como se observa en la Imagen 4b. (Gordillo, 2013)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

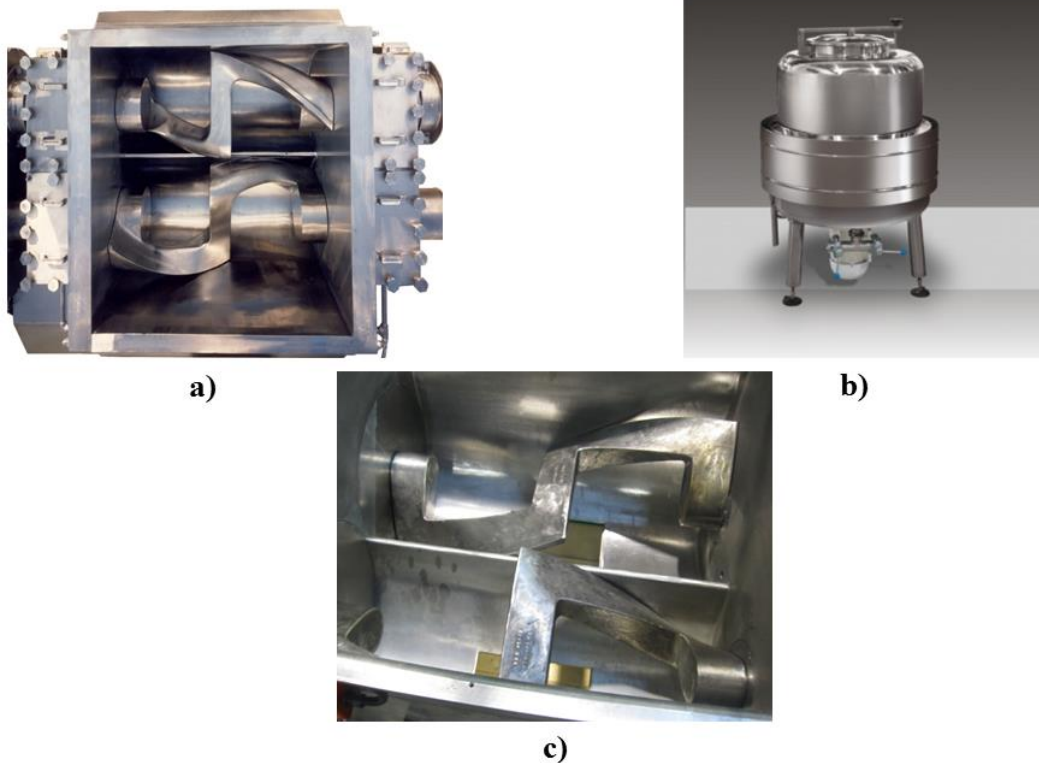


Imagen 4: a) Mezclador de Sigma, b) Mezclador de impulsor centrifugado, c) Mezclador en barra Z.
(Gordillo, 2013)

2.6.2.8 Soplante de turbina o ventilador centrífugo.

Este tipo de mezclador mezcla gases muy íntimamente cuando se les hace llegar a él en forma continua y en las proporciones deseadas. Se usa también para mezclar determinadas cantidades de gases en forma intermitente, colocándolo dentro o fuera de la cámara mezcladora. Manipula grandes volúmenes de gases con un consumo de potencia pequeño. (Gordillo, 2013)

Con base a lo anterior se determinó que existen en el mercado dos tipos de mezcladores; los estacionarios y los móviles. Las características de cada mezclador se muestran en la Tabla 3 y

Tabla 4; con base a ellas se tomara en consideración para el diseño del mezclador a desarrollar.

Tabla 3: Características de los mezcladores móviles.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

MEZCLADORES MOVILES	
Mezclador de tambor	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene forma cilíndrica. - Se utiliza para mezclar líquido - sólido, sólido - sólido y líquido - sólido. - Para un mejor mezclado no debe ser llenado más de 50% de su capacidad.
Mezclador de V o calzoncillos	<ul style="list-style-type: none"> -Se utiliza para mezclar sólidos - líquido. - Es el mezclador más preciso de los mezcladores móviles. - Consta de un sistema hermético, es decir no deja pasar aire ni líquidos del exterior al interior.
Mezclador de cono doble	<ul style="list-style-type: none"> - Se utiliza para mezclar sólido - sólido. - El mezclado por lo general basta 10 minutos. - Se carga y se descargan las mezclas con rapidez.

Tabla 4: Características de los mezcladores estáticos

MEZCLADORES ESTÁTICOS	
Mezclador de paletas o brazos	<ul style="list-style-type: none"> - Son los más antiguos, los más conocidos y los primeros en que se piensa. - Son muy a menudo de construcción casera. - El costo inicial es por lo general muy bajo. - Se obtiene muy buenos resultados en diferentes clases de trabajos.
Paletas de movimiento planetario	<ul style="list-style-type: none"> - Su movimiento planetario logra una mezcla completamente homogénea. - Es de los más utilizados en las industrias, como por ejemplo en la alimenticia. - Es el mezclador más preciso de los mezcladores estáticos.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Mezcladores de hélices o helicoidales	<ul style="list-style-type: none"> - Es un mezclado poco costoso. - Mezcla líquido - sólido. - Fácil de limpiar. - Bajo consumo de energía.
Mezclador de Cintas	<ul style="list-style-type: none"> -Su limpieza es muy difícil. -Tiene un desgaste en las cintas muy rápido. -Puede llegar a moler en ocasiones por el rozamiento de las cintas y la carcasa.
Mezclador Sigma	<ul style="list-style-type: none"> -Al estar en operación produce un calentamiento del material. -Consume mucha energía para su funcionamiento. -Puede mezclar sólidos - líquidos.
Mezclador en Barra Z	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene un vaciado de material muy lento. - Tiene alta dificultad de limpiarse. - La mezcla pudiera lograr a contaminarse al estar en operación. - Alto consumo de energía.
Mezclador de turbina o de impulsor centrífugo	<ul style="list-style-type: none"> - Mezcla sólidos. - Puede lograr a mezclar líquidos altamente viscosos y espesos. - Realiza disoluciones muy rápidas.
Soplante de turbina o ventilador centrífugo	<ul style="list-style-type: none"> - Mezcla gases. - Muy bajo consumo de energía.

2.7 Tipos de impulsadores.

Los tres principales tipos de impulsores son de palas, turbinas y hélices. Si bien existen otros tipos, los mencionados solucionan entre un 95% y 100% de todos los problemas de agitación.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

2.7.1 Impulsores de Pala.

Por lo general son agitadores de palas planas que giran sobre un eje vertical y cumplen eficazmente problemas sencillos de agitación. Son frecuentes los agitadores de dos y cuatro palas. A veces las palas tienen un cierto grado de inclinación, pero lo más frecuente es que su posición sea vertical. Las palas giran a bajas o moderadas velocidades en el centro del estanque, impulsando el líquido radial y tangencialmente, sin que haya prácticamente movimiento vertical a excepción de que las placas se encuentren inclinadas. Las corrientes que generan se desplazan hacia fuera hasta la pared del estanque y después hacia arriba o hacia abajo. En estanques de gran altura se instalan varias palas, unas sobre otras, en un mismo eje. Los agitadores de palas giran a velocidades comprendidas entre 20 RPM a 150 RPM aproximadamente. La longitud total de un rodete de palas comprende entre el 50% y el 80% del diámetro interior del estanque y la anchura de la pala es de $1/6$ a $1/10$ de su longitud.

A velocidades muy bajas los agitadores de palas generan una agitación muy suave en estanques sin placas deflectoras. Para velocidades más elevadas, estas placas deflectoras son necesarias ya que de lo contrario el líquido se desplaza en bloque alrededor del estanque con alta velocidad, pero con poca mezcla. (Paravisc, Paravisc, Paravisc, & Paravisc, s/f)

2.7.2 De pala tipo ancla.

Este tipo de impulsor se ajusta a los contornos interiores de las paredes del estanque, girando por esta superficie con una muy pequeña holgura tal y como se observa en la Imagen 5. Cubren entre un 50% y el 80% de este. Previenen la adhesión de materiales sólidos pegajosos sobre su superficie y originan una buena transferencia de calor con las paredes (Características principales indicadas en Tabla 5). Su capacidad de mezcla con respecto a otros sistemas no es óptima. En la mayoría de los casos trabajan en conjunto con un agitador de alta velocidad que generalmente gira en sentido contrario. (Uribe, 2013)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

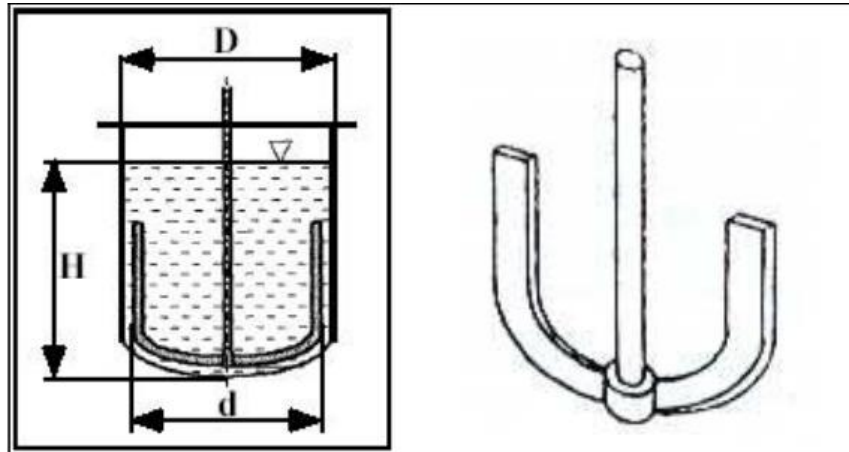


Imagen 5: Impulsor de pala tipo ancla. (Uribe, 2013)

Tabla 5: Características principales de impulso de pala tipo ancla. (Uribe, 2013)

DESCRIPCIÓN	-DOS BRAZOS QUE LLEGAN ACERCA DE LA PARED - FORMA ADAPTADA AL FONDO Y A LAS PAREDES DEL ESTANQUE
Campo de flujo generado.	Tangencial
Régimen alcanzado.	Laminar
Velocidad tangencial.	Hasta $2 \frac{m}{s}$
Viscosidad del medio.	Hasta 1000 Pa·s
Posición del rodete ($\frac{d_2}{d_1}$)	0.9 – 0.98 (Cerca de la pared)
Aplicaciones.	-Favorecer el intercambio de calor -Disminuye la capa limite en la pared

2.7.3 De pala tipo paleta o rejilla.

Trabaja a bajas velocidades, en estanques amplios y bajos (Características principales indicadas en la Tabla 6). Se utiliza principalmente para fluidos muy viscosos que requieren poco esfuerzo de corte tal y como se observa en la Imagen 6. (Uribe, 2013)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

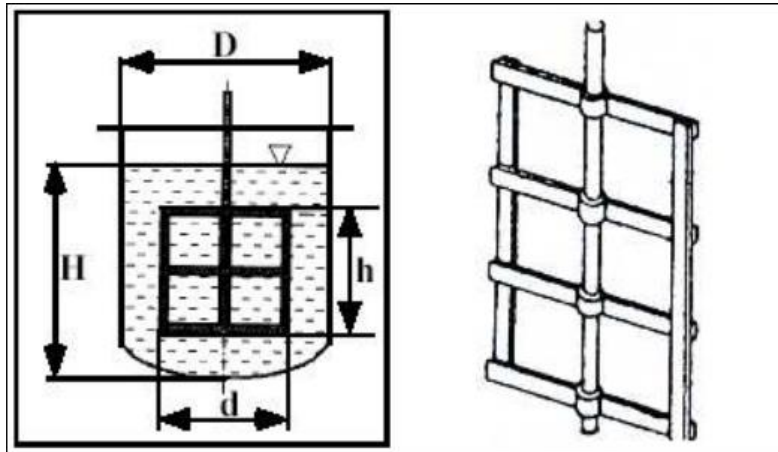


Imagen 6: Impulsor de pala tipo paleta o rejilla. (Uribe, 2013)

Tabla 6: Características principales de impulso de pala tipo paleta o rejilla. (Uribe, 2013)

Descripción	Conforman una estructura malla
Campo de flujo generado.	Tangencial
Régimen alcanzado.	Laminar
Velocidad tangencial.	2 – 5 m/s
Viscosidad del medio.	Hasta 10 Pa·s

2.7.4 Impulsores de Hélice.

El flujo de un impulsor de hélice es axial, trabaja a altas velocidades y se utiliza para líquidos de baja viscosidad tal y como se observa en la Imagen 7. Las hélices pequeñas pueden girar utilizando transmisión directa a una velocidad que varía entre 1150 RPM a los 1750 RPM; las hélices grandes pueden girar entre 400 RPM y 800 RPM. Las corrientes de flujo que salen del impulsor continúan a través del líquido en una dirección determinada hasta que chocan con el fondo o las paredes del estanque. La columna de fluido axial que produce es altamente turbulenta, generando remolinos de líquido que abandonan el impulsor, arrastrando el líquido estancado. Las placas de este impulsor cortan el líquido, debido a la persistencia de las corrientes de flujo, siendo muy eficaces en estanques de gran tamaño (Características principales indicadas en la Tabla 7). Se utilizan para homogenizar, suspender fluidos y favorecer el intercambio de calor. (Uribe, 2013)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

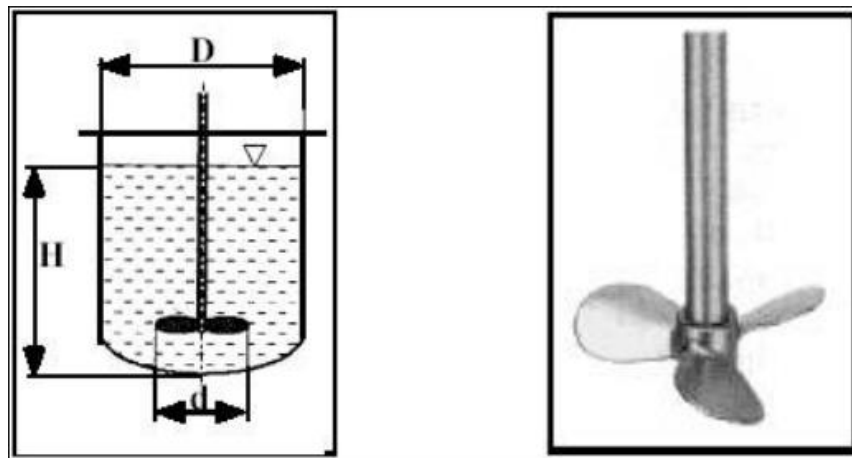


Imagen 7: Impulsor de hélice. (Uribe, 2013)

Tabla 7: Características principales de impulsor de hélice. (Uribe, 2013)

DESCRIPCIÓN	GENERALMENTE UTILIZAN 3 ALABES
Campo de flujo generado.	Axial
Régimen alcanzado.	Turbulento
Velocidad tangencial.	3 – 15 m/s
Viscosidad del medio.	8 Pa·s

2.7.5 Impulsores de turbina.

El impulsor se compone generalmente de numerosas palas cortas, las que giran medias y altas velocidades sobre un eje montado centralmente en el estanque. Se consideran velocidades medias entre 100 RPM a 300 RPM y elevadas en un rango de 300 RPM a las 1000 RPM. Las placas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales. El impulsor puede ser abierto, semi cerrado o cerrado. El diámetro puede variar entre un 30% y un 50% del diámetro del estanque. Los de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades. En líquidos de baja viscosidad los impulsores de turbina generan fuertes corrientes que se distribuyen por todo el estanque, destruyendo bolsas de fluido estancado. Cerca del impulsor se produce una zona de corrientes rápidas, una elevada turbulencia y un intenso esfuerzo de



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

corte. Las corrientes principales son radiales y tangenciales. Los componentes tangenciales inducen la formación de vórtices y remolinos, los que se evitan utilizando placas deflectoras o mediante un anillo difusor para lograr que la agitación sea más eficaz. (Uribe, 2013)

2.7.6 De turbina tipo hojas planas.

Esta variante de impulsor de turbina produce un flujo radial que se desplaza hacia las paredes del estanque. Su diseño es versátil y simple tal y como se observa en la Imagen 8 y se utiliza para fluidos cuya viscosidad alcanza hasta los 0.11 Pa·s (pascales por segundo). El comportamiento del fluido que mueve es el más predecible de los agitadores. (Uribe, 2013)

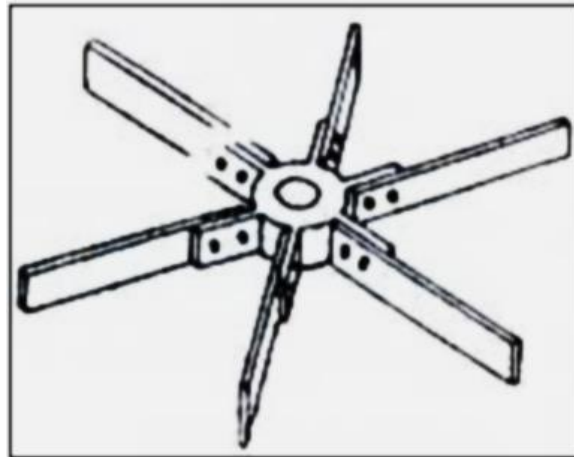


Imagen 8: Impulsor de turbina tipo hojas planas. (Uribe, 2013)

2.7.7 De turbina tipo hojas inclinadas.

Este tipo de impulsor combina flujo radial con flujo axial tal y como se observa en la Imagen 9, se utiliza especialmente para homogeneizar y mejorar la transferencia de calor con las paredes o serpentines dispuestos en el interior del estanque (Características principales indicadas en la Tabla 8). (Uribe, 2013)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

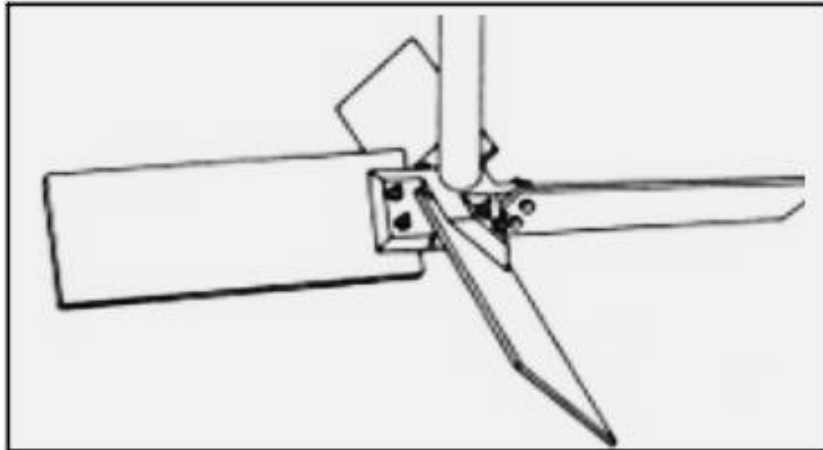


Imagen 9: Impulsor de turbina tipo hojas inclinadas. (Uribe, 2013)

Tabla 8: Características principales de impulsor de turbina tipo hojas inclinadas. (Uribe, 2013)

Descripción	3 palas inclinadas hacia atrás en dirección del flujo
Campo de flujo generado.	Axial / radial
Régimen alcanzado.	De transición / turbulento
Velocidad tangencial.	3 – 8 m/s
Viscosidad del medio.	Hasta 100 Pa·s

2.7.8 De turbina tipo hojas curvas.

Son especialmente útiles para dispersar materiales fibrosos y poseen un torque inicial menor que las hojas rectas tal y como se observa en la Imagen 10. (Uribe, 2013)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

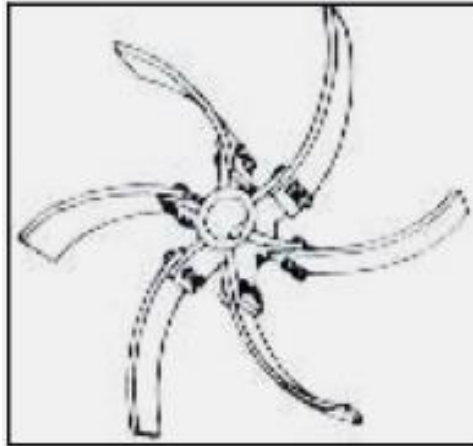


Imagen 10 : Impulsor de turbina tipos hojas curvas. (Uribe, 2013)

2.7.9 De turbina tipo hojas planas y disco.

Este tipo de impulsor produce corrientes radiales y axiales. El disco que posee produce un efecto estabilizante tal y como se observa en la Imagen 11. Se encuentra también con hojas curvas y su diámetro cubre entre un 30% a un 50% del diámetro del estanque (Características principales indicadas en la Tabla 9).(Uribe, 2013)



Imagen 11: Impulsor de turbina tipo hojas planas y disco. (Uribe, 2013)



Tabla 9: Características principales de impulsor de turbina tipo hojas planas y disco.(Uribe, 2013)

Descripción	6 palas rectas
Campo de flujo generado.	Radial
Régimen alcanzado.	Turbulento
Velocidad tangencial.	3 – 7 m/s
Viscosidad del medio.	Hasta 10 Pa·s

Con base a lo anterior se determinó que existen múltiples geometrías y arreglos de impulsores. Las características del impulsor a utilizar en el diseño estarán en función del tipo de flujo y de las RPM.

2.8 Tipos de flujos.

El tipo de flujo que se produce en un estanque en agitación, va a depender del tipo de impulsor, de las características del fluido, del tamaño, proporciones del estanque, del tipo de agitador y si lleva o no placas deflectoras. La velocidad del fluido en cualquier punto del estanque tiene tres componentes, y el tipo de flujo predominante va a depender de las variaciones del movimiento y de la velocidad de estas.(Theron, 2011)

La primera componente de velocidad es radial y actúa en dirección perpendicular al eje del impulsor. La segunda es longitudinal o axial y actúa en dirección paralela al eje. La tercera es tangencial o rotacional, y actúa en dirección tangencial a la trayectoria circular descrita por el impulsor tal y como se observa en la Imagen 12. El flujo será definido por el tipo de impulsor a utilizar. Generalmente para flujos radiales se utilizan impulsores de turbinas planas, para flujos axiales se utilizan hélices marinas con ángulos en sus palas no mayores a 90° y para flujos tangenciales (velocidades bajas) se utilizan impulsores de palas. (Robert, 2006) & (Frank, 2004)

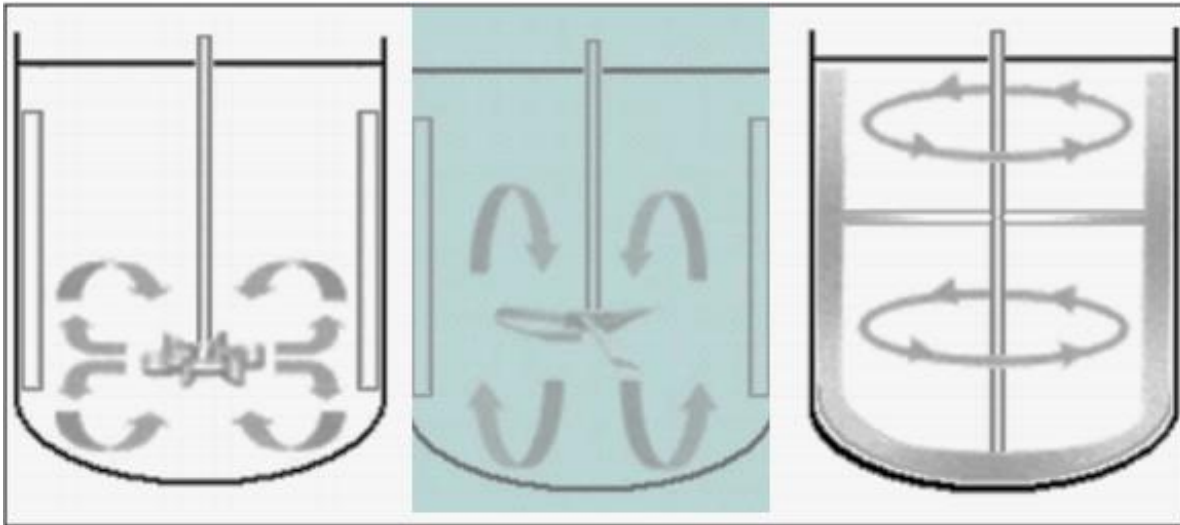


Imagen 12 : Flujo axial, radial y tangencial respectivamente.(Uribe, 2013)

2.9 Flujo circulatorio.

Para el caso donde un agitador tiene un eje vertical, las componentes radial y tangencial se encuentran en un plano horizontal mientras que la componente longitudinal es vertical. Las componentes radial y longitudinal de un fluido son útiles ya que producen el flujo necesario para la mezcla. Cuando el eje es vertical y se encuentra ubicado en el centro del estanque, la componente tangencial de velocidad es generalmente perjudicial para la mezcla. El flujo tangencial sigue una trayectoria circular alrededor del eje tal y como se observa en la Imagen 13, la que genera un vórtice en la superficie del líquido que, debido a la circulación en flujo laminar, da lugar a una estratificación permanente en diferentes niveles de sustancias sin mezclar, sin que exista flujo longitudinal de un nivel a otro. Si en el fluido hay presentes partículas sólidas, las corrientes circulatorias tienden a lanzar estas partículas contra la pared del estanque, debido a la fuerza centrífuga, desde donde caen acumulándose en la parte central del fondo del estanque. Por lo tanto, en vez de mezclar se produce la acción contraria, o sea, concentración. En el flujo circulatorio el líquido fluye según la dirección del movimiento de las palas del impulsor, de esta manera disminuye la velocidad relativa que existe entre las palas y el líquido, con lo cual se limita la potencia que puede ser absorbida por el líquido. En un estanque sin placas deflectoras, el flujo circulatorio predominará independiente del tipo de impulsor utilizado, tanto si el flujo es axial como radial. Para



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

velocidades de giro elevadas, la profundidad del vórtice puede ser tan grande que llegue a las paletas, dando lugar a que en el líquido se introduzca el gas que está encima de él, lo que normalmente debe evitarse. (Orellana, 2006)

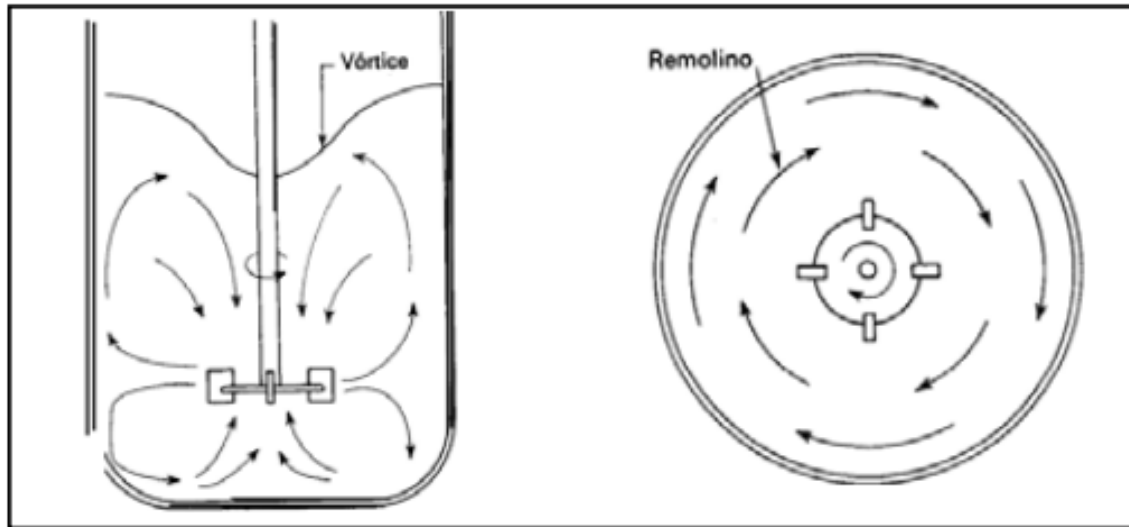


Imagen 13: Mezclador de impulsor centrifugado. (Uribe, 2013)

2.9.1 Prevención del flujo circulatorio.

El flujo circulatorio y los remolinos que se producen en un estanque agitado se pueden evitar por medio de los siguientes métodos:

2.9.1.1 Descentrado del eje.

Cuando las dimensiones del estanque son pequeñas, el eje del agitador se puede ubicar descentrado del eje del estanque tal y como se observa en la Imagen 14, inclinándose luego según un plano perpendicular a la dirección del movimiento. (Uribe, 2013)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

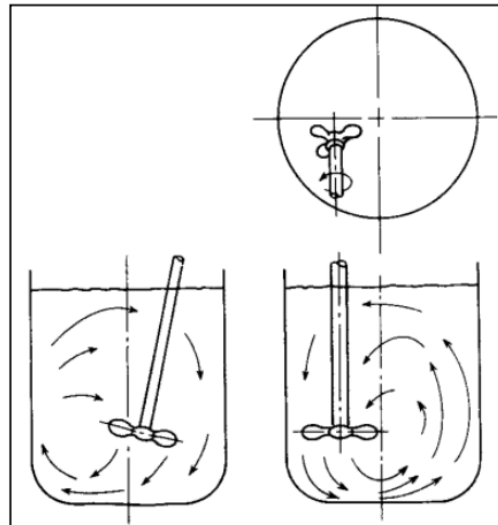


Imagen 14: Mezclador de impulsor centrifugado. (Uribe, 2013)

2.9.1.2 Posición lateral del agitador.

En los estanques de mayor tamaño, el agitador puede montarse en la parte lateral del estanque, con el eje en un plano horizontal, formando un cierto ángulo con el radio tal y como se observa en la Imagen 15. (Uribe, 2013)

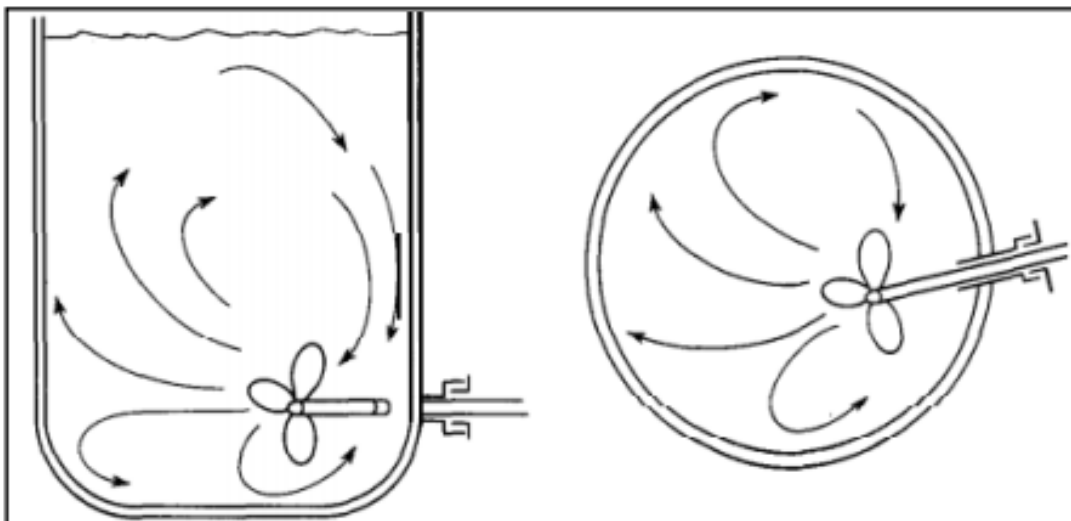


Imagen 15: Mezclador de impulsor centrifugado. (Uribe, 2013)



2.9.1.3 Utilización de placas deflectoras.

Las placas deflectoras son pletinas planas verticales que se ubican radialmente al interior del estanque tal y como se observa en la Imagen 16 y se logra con ellas una mayor turbulencia y una mejor mezcla del fluido. (Uribe, 2013)

Generalmente se utilizan cuatro, salvo en estanques de gran tamaño. El ancho habitual para agitadores de turbina no deba ser mayor que $1/12$ del diámetro del estanque. Para agitadores de hélice basta con $1/8$ de diámetro (Ver la Tabla 10). Para números de Reynolds superiores a 2000, las placas deflectores se usan conjuntamente con agitadores tipo turbina o del tipo axial centrados al estanque. Los patrones de flujo generados en ambos casos son diferentes, pero tienen en común una importante circulación desde la parte superior al fondo, evitando la formación de vórtices. En la región de transición ($10 < Re < 10000$) el ancho de la placa deflectora puede reducirse con frecuencia a la mitad de la estándar. Cuando existe flujo laminar ($Re < 10$), el agitador consume la misma energía con o sin placas deflectoras, por lo que normalmente no son utilizadas. Cuando el impulsor entra al estanque lateralmente, está inclinado, o desplazado del centro, no son necesarias placas deflectoras. (Uribe, 2013)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Tabla 10: Dimensión de placas deflectoras (en mm). (Uribe, 2013)

Diámetro	J(ancho)	F(Largo)
100	8	2
200	16	4
300	24	6
400	32	8
500	40	10
600	48	12
800	64	16
1000	100	20
1200	110	24
1600	128	32
2000	160	40
2500	200	50
3000	240	60
4000	320	80
4500	360	90
5000	400	100
6000	480	120
7500	600	150
10000	800	200
12000	960	240



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

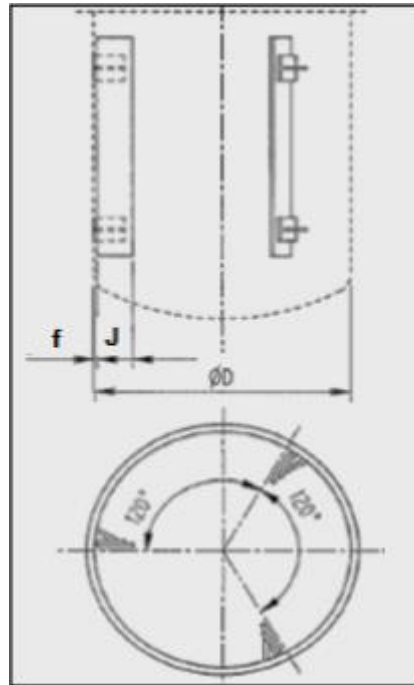


Imagen 16: Placas deflectoras distribuidas en el estanco. (Uribe, 2013)

2.10 Semejanzas geométricas.

Para el diseño de un agitador existe un gran número de variables a considerar: Diámetro del estanco (D_t), Diámetro de las palas (D_a), altura del fluido (H), ancho y cantidad de las placas deflectoras (J), distancia desde el fondo del estanco hasta el impulsor (E). Estas variables afectarán y determinarán las necesidades y objetivos particulares de lo que se requiere. Como, por ejemplo: La velocidad de circulación del líquido, modelo de flujo, consumo de potencia, etc. Como punto de partida en el diseño de un agitador se pueden utilizar las semejanzas geométricas estandarizadas que relacionan las medidas generales del estanco con el tipo de impulsor. Se indican a continuación las semejanzas geométricas de los tipos de impulsores más utilizados relacionados con las dimensiones del estanco, incluyendo las del tipo turbina que será utilizado en el diseño del agitador. (Uribe, 2013)



2.10.1 Sistema de agitación de tipo hélice.

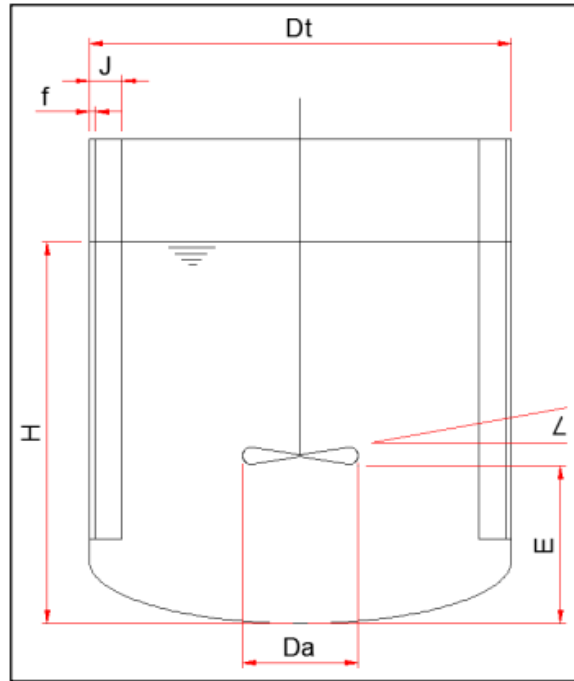


Imagen 17: Mezclador de impulsor hélice. (Uribe, 2013)

En la Tabla 11, se muestra las relaciones geométricas del diámetro del mezclador respecto a la capacidad de la mezcla, diámetro del agitador y altura del agitador que describen al sistema de agitación de tipo hélice. Estos valores nos ayudara a obtener la geometría óptima del agitador para alcanzar un buen mezclado al ser utilizado este tipo de sistema.

Tabla 11: Semejanzas geométricas impulsor tipo hélice. (Uribe, 2013)

	Capacidad de la mezcla	Diámetro del agitador	Altura del agitador
Diámetro del recipiente	$\frac{H}{Dt} = 1$	$\frac{Da}{Dt} = 0.33$	$\frac{E}{Dt} = 0.33$
Dimensiones de las placas deflectores	$\leq 25^\circ$	$\frac{J}{Dt} = 0.1$	$\frac{f}{J} = 0.02$



2.10.2 Sistema de agitación de tipo palas inclinadas.

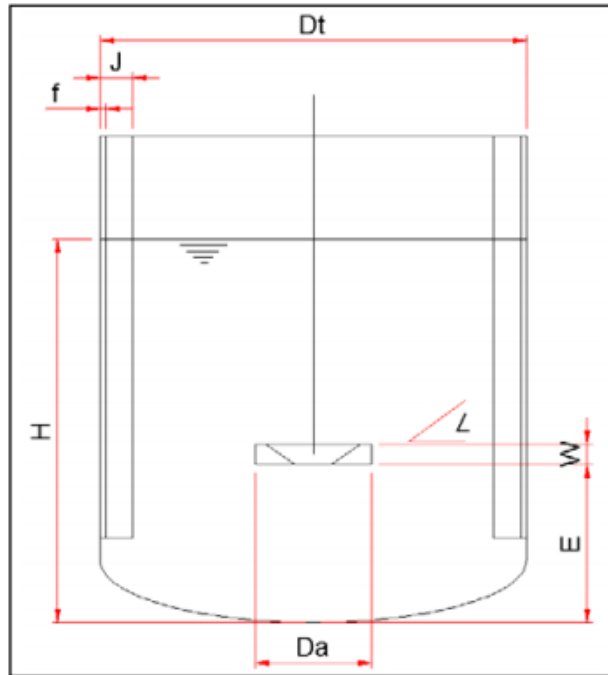


Imagen 18: Mezclador de impulsor palas inclinadas. (Uribe, 2013)

En la Tabla 12, se muestra las relaciones geométricas del diámetro del mezclador respecto a la capacidad de la mezcla, diámetro del agitador y altura del agitador que describen al sistema de agitación de tipo palas inclinadas. Estos valores nos ayudaran a obtener la geometría optima del agitador para alcanzar un buen mezclado al ser utilizado este tipo de sistema.

Tabla 12: Semejanzas geométricas impulsor tipo palas inclinadas. (Uribe, 2013)

	Capacidad de la mezcla	Diámetro del mezclador	Altura del mezclador
Diámetro del Recipiente	$\frac{H}{Dt} = 1$	$\frac{Da}{Dt} = 0.337$	$\frac{E}{Dt} = 0.337$
Dimensiones de placas deflectores	$\frac{w}{F} = 1$	$\leq 45^\circ$	$\frac{J}{Dt} = 0.1$



2.10.3 Sistema de agitación de tipo turbina.

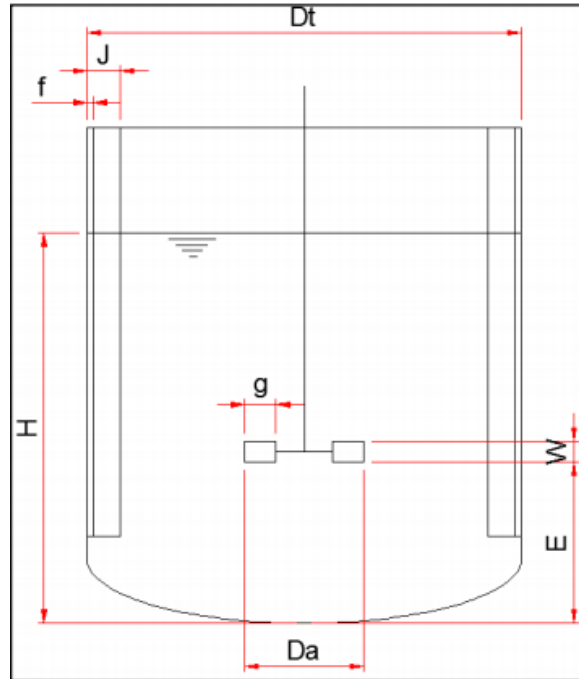


Imagen 19: Mezclador de impulsor turbina. (Uribe, 2013)

En la Tabla 13, se muestra las relaciones geométricas del diámetro del mezclador respecto a la capacidad de la mezcla, diámetro del agitador y altura del agitador que describen al sistema de agitación de turbina.

Estos valores nos ayudaran a obtener la geometría optima del agitador para alcanzar un buen mezclado al ser utilizado este tipo de sistema.

Tabla 13: Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina. (Uribe, 2013)

	Altura de la mezcla	Diámetro del mezclador	Altura del mezclador
Diámetro del Recipiente	$\frac{H}{Dt} = 1$	$\frac{Da}{Dt} = 0.33$	$\frac{E}{Dt} = 0.33$
Dimensiones del agitador	$\frac{W}{Da} = 0.2$	$\frac{G}{Da} = 0.25$	$\frac{J}{Dt} = 0.1$
Dimensión de placas deflectoras	$\frac{F}{Dt} = 0.02$		



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Con base a lo anterior se determinó que los tres tipos de agitación tienen similitud entre ellas; ya que aun y cuando se tengan las mismas dimensiones en el agitador, la geometría propiciará un flujo diferente, es decir si es axial o radial; características que se tomarán en cuenta en el diseño del sistema de agitación que garantice un buen mezclado.

2.11 Tipos de materiales.

La mayor parte de los materiales para ingeniería se clasifican en una de tres categorías básicas como lo son los Metales, Cerámicos, Polímeros y Compuestos, tal y como se observa en la Imagen 20.

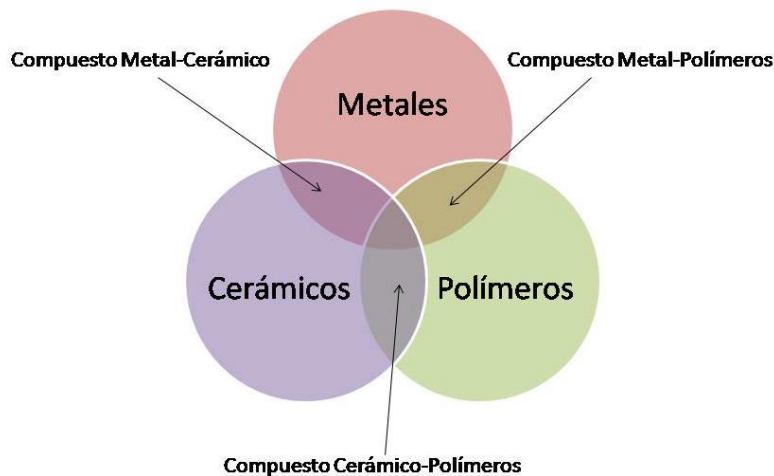


Imagen 20: Diagrama de Venn que muestra los tres tipos de materiales básicos más los compuestos. (Shackelford, s/f)

Sus características químicas son diferentes, sus propiedades mecánicas y físicas no se parecen y afectan los procesos de manufactura susceptibles de emplearse para obtener productos de ellos.

2.11.1 Metales.

Los metales que se emplean en la manufactura, por lo general son aleaciones, que están compuestos de dos o más elementos, con al menos uno en forma metálica. Los metales se dividen en dos grupos básicos ferrosos y no ferrosos. (Shackelford, s/f)



2.11.2 Metales Ferrosos.

Los metales ferrosos se basan en el hierro: el grupo incluye acero y hierro colado. Dichos metales constituyen el grupo comercial más importante, más de las tres cuartas partes del peso total de los metales de todo el mundo. El hierro puro tiene un uso comercial limitado, pero cuando se mezcla con carbono tiene más usos y mayor valor comercial que cualquier otro metal. Las aleaciones de hierro y carbono forman acero y hierro colado. (Boothroyf, s/f)

El acero se define como una aleación de hierro-carbono que contiene 0.02% - 2.11% de carbono. Es la categoría más importante dentro del grupo de metales ferrosos. Es frecuente que su composición incluya otros elementos de la aleación, tales como manganeso, cromo, níquel y molibdeno, para mejorar las propiedades del metal. Las aplicaciones del acero incluyen la construcción (por ejemplo: puentes, vigas tipo I, y clavos), transporte (camiones, rieles y equipo rodante para vía férrea), y productos de consumo (automóviles y aparatos). (Ferrer, 2003)

El hierro colado es una aleación de fierro y carbono (2% - 4%) que se utiliza en el moldeado (sobre todo en el moldeado en arena verde). El silicio también está presente en la aleación (en cantidades que van de 0.5% a 3%), y es frecuente que también se agreguen otros elementos para obtener propiedades deseables en el elemento fundido. El hierro colado se encuentra disponible en distintas formas, de las que la más común es el hierro colado gris; sus aplicaciones incluyen bloques y cabezas para motores de combustión interna. (Newell, s/f)

Los aceros son considerados al carbono cuando no se especifica el contenido mínimo de elementos químicos, que incluyen aluminio, cromo, cobalto, columbio, molibdeno, níquel, titanio, tungsteno o vanadio para el efecto de aleación; cuando el mínimo especificado para cobre es 0.40 o menos, y cuando no se exceden los límites para los siguientes elementos: manganeso (1.65%), silicio (0.6%) y cobre (0.6%) . (Kalpakjian, S & Schmid, 2003)

Si la designación del grado de un acero comienza con '1', hay posibilidades de que sea un acero al carbono. Los aceros serie 10XX (donde XX o los últimos dos dígitos representan el promedio o contenido medio de carbono del grado) son grados de carbono plano. Los aceros 11XX son grados resulfurizados y aceros de libre mecanizado. Los aceros 12XX,



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

resultados y refosforizados son los 'mejores' grados para mecanizado. Los aceros serie 15XX contienen alto manganeso, más de 1%; la serie 13XX tiene aún mayor contenido de manganeso y es la única excepción a la regla de que el "1 es el primer dígito que significa acero al carbono". Los aceros 13XX (manganeso mayor de 1,6%) son considerados aleaciones. (Kalpakjian, S & Schmid, 2003)

Los grados 1008 (0,08 de carbono medio), 1018 (0,18 de carbono medio) y 1045 (0,45 de carbono medio) son aceros al carbono, pero tienen propiedades significativamente diferentes. El grado 1008 tiene alta ductilidad por su bajo contenido de carbono y es mejor para extrusión y conformado en frío que para mecanizado. El 1018 es un grado común usado para muchas aplicaciones generales, incluida la soldadura, y se selecciona a menudo por su bajo costo. El grado 1045 es seleccionado frecuentemente por su alta resistencia y sus propiedades mecánicas, mientras que su contenido de carbono dificulta que sea soldado sin técnicas especiales; el 1045 es común para ejes y otras partes de transmisión de potencia. ("Tipos de Acero", s/f)

2.11.3 Metales no Ferrosos.

Los metales no ferrosos incluyen los demás elementos metálicos y sus aleaciones. En casi todos los casos, las aleaciones tienen más importancia comercial que los metales puros. Los metales no ferrosos incluyen los metales puros y aleaciones de aluminio, cobre, oro, magnesio, níquel, plata, estaño, titanio, zinc y otros metales. (Simon Mata, 2005)

Clasificación que se pueden clasificar en tres grupos:

- **Metales no ferrosos pesados:** Son aquellos cuya densidad es igual o mayor a 5 gr/cm³. Se encuentran en este grupo el cobre, el estaño, el plomo, el zinc, el níquel, el cromo y el cobalto.
- **Metales no ferrosos ligeros:** Tienen una densidad comprendida entre 2 y 5 gr/cm³. Los más utilizados son el aluminio y el titanio.
- **Metales no ferrosos ultraligeros:** Su densidad es menor a 5 gr/cm³. Se encuentran en este grupo el berilio y el magnesio, aunque el primero de ellos raramente se encuentra en estado puro, sino como elemento de aleación.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Todos estos metales no ferrosos, están en estado puro, son blandos y poseen una resistencia mecánica bastante reducida. Para mejorar sus propiedades, los metales puros suelen alearse con otros. (Simon Mata, 2005)

2.11.4 Cerámicos.

Un cerámico se define como un compuesto que contiene elementos metálicos (o semimetálicos) y no metálicos. Los elementos no metálicos comunes son oxígeno, nitrógeno y carbono. Los cerámicos incluyen una variedad de materiales tradicionales y modernos. Los productos cerámicos tradicionales, algunos de los cuales se han utilizado durante miles de años, incluyen: arcilla (se dispone de ella en abundancia, consiste en partículas finas de silicatos de aluminio hidratados y otros minerales que se utilizan en la fabricación de ladrillos, baldosas y vajillas); sílice (es la base para casi todos los productos de vidrio); y alúmina y carburo de silicón (dos materiales abrasivos que se emplean en el rectificado). Los cerámicos modernos incluyen algunos de los materiales anteriores, tales como la alúmina, cuyas propiedades se mejoran en varios modos a través de métodos modernos de procesamiento. Los más nuevos incluyen carburos, los carburos metálicos tales como el carburo de tungsteno y el de titanio, se emplean mucho como materiales para herramientas de corte, y los nitruros metálicos y semimetálicos como el nitruro de titanio y el de boro, se utilizan como herramientas de corte y abrasivos para rectificar. Con fines de procesamiento, los cerámicos se dividen en 1) cerámicos cristalinos y 2) vidrios. Para cada tipo se requieren diferentes métodos de manufactura. Los cerámicos cristalinos se forman de distintos modos a partir de polvos que después se calientan (a una temperatura inferior del punto de fusión a fin de lograr la unión entre los polvos). Los cerámicos vidriados (vidrio, sobre todo) se mezclan y funden para después formarse en procesos tales como el vidrio soplado tradicional. (Boothroyf, s/f)

2.11.5 Polímeros.

Un polímero es un compuesto formado por unidades estructurales repetidas denominadas meros, cuyos átomos comparten electrones que forman moléculas muy grandes. Por lo general, los polímeros consisten en carbono más uno o más elementos tales como hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y cloro. Los polímeros se dividen en tres categorías. (Askeland, 1998)



2.11.5.1 Los polímeros termoplásticos.

Pueden sujetarse a ciclos múltiples de calentamiento y enfriamiento sin que se altere en forma sustancial la estructura molecular del polímero. Los termoplásticos comunes incluyen polietileno, poliestireno, cloruro de polivinilo y nailon. (Askeland, 1998)

2.11.5.2 Los polímeros termoestables.

Sufren una transformación química (curado) hacia una estructura rígida después de haberse enfriado a partir de una condición plástica calentada; de ahí el nombre de “termoestables”. Los miembros de este tipo incluyen los fenoles, resinas amino y epóxicas. Aunque se emplea el nombre “termoestable”, algunos de dichos polímeros se curan por medio de mecanismos distintos del calentamiento. (Ferrer, 2003)

2.11.5.3 Los elastómeros.

Son polímeros que muestran un comportamiento muy elástico; de ahí el nombre de elastómeros. Incluyen el caucho natural, neopreno, silicón y poliuretano. (Newell, s/f)

2.12 Aluminio.

El aluminio es tercer elemento más abundante de la tierra. Constituye aproximadamente el 8% de su corteza. Sólo el silicio y el oxígeno son más abundantes y existe en la naturaleza en combinación con otros materiales silicatos y óxidos muy estables, que dificultaron el desarrollo de métodos para obtener el aluminio en un estado razonablemente puro. Como metal su uso común es muy reciente.

Las primeras civilizaciones utilizaban adobes ricos en aluminio para crear cerámica y sales de aluminio para hacer medicinas y colorantes. En 1808, Sir Humphrey Davy de Gran Bretaña, estableció la existencia del aluminio y le dio su nombre. En 1821, Pierre Vertier encuentra en Provenza una piedra dura, rojiza y parecida a la arcilla, que contenía un 52% de óxido de aluminio, a la que denominó Bauxita.(Acebes, 2015)

El aluminio no fue aislado como tal hasta 1825. El primer lingote de aluminio se presentó al mundo en 1855 en la Exposición Universal. 30 años más tarde, en 1886 simultáneamente el francés Paul Heroult y el americano Charles Martin Hall hallarían el procedimiento industrial



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

para la obtención del aluminio a partir de la electrólisis. La presencia de este metal en la arquitectura se remonta a 1897 con la construcción de la cúpula de la iglesia de Sant Joaquina con aluminio impuro. (“Aluminio”, 2013)

2.12.1 Propiedades.

- Metal muy electropositivo y extremadamente reactivo.
- Al contacto con el aire se cubre rápidamente con una capa dura y transparente de óxido de aluminio resiste a la corrosión. Esto hace que sea inerte a los ácidos, pero no a los álcalis.
- Es un metal ligero.
- Es un buen conductor de electricidad, sólo superado por el cobre.
- El aluminio puro tiene unas propiedades mecánicas reducidas pero sus aleaciones consiguen puntos muy elevados.
- Tiene una buena conductividad térmica.
- Es maleable y dúctil, pero tiene escasa resistencia mecánica. (“Propiedades y Características del Aluminio”, s/f)

2.12.2 Procedimiento de obtención.

2.12.2.1 Extracción del óxido de aluminio puro Al_2O_3 (alúmina) de la bauxita.

La alúmina se obtiene a partir del método químico desarrollado por K. J. Bayer consistente en una serie de reacciones químicas desencadenadas cíclicamente que comienzan mezclando bauxita triturada con soda cáustica líquida y calentada a baja presión obteniendo así hidróxido de aluminio. Este se separa del residuo insoluble (lodo rojo) por precipitación. Por calcinación del hidróxido se obtiene la alúmina con apariencia de un polvo blanco como la sal de cocina. (“Aluminio”, 2013)

2.12.2.2 Reducción electrolítica del óxido de aluminio.

En 1886 Charles Martin Hall en los Estados Unidos y Paul L. T. Héroult en Francia descubrieron por separado y casi simultáneamente que el óxido de aluminio o alúmina (P.F. 2050°C) se disuelve en criolita (Na_3AlF_6) fundida (a 950°C) en una mezcla de densidad inferior a la del aluminio, con lo que éste sedimenta, evitándose su oxidación con el oxígeno



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

atmosférico, pudiendo ser descompuesta electrolíticamente en una cuba que actúa de cátodo con electrodos de carbón que actúan de ánodo.

En el cátodo se deposita aluminio líquido, ya que el baño se encuentra a una temperatura superior a la de su punto de fusión, que cae por gravedad al fondo de la cuba electrolítica de donde se retira.

De este proceso sale, el aluminio con un 93.3% a un 99.8% de pureza. Para producir una tonelada de aluminio se requieren de cinco toneladas de bauxita para dos toneladas de alúmina con un consumo de 13000 Kw/H. (“Propiedades del Aluminio”, s/f)

El aluminio obtenido se denomina primario y no es utilizado en esta forma sino aleado con otros metales que le aumentan sus cualidades y propiedades como resistencia a la corrosión y características mecánicas y de elasticidad. Las aleaciones del aluminio se presentan en forma de tochos para extrusión, placas para laminación y lingotes para fundiciones y son materia prima para las industrias transformadoras.

El consumo energético del proceso es muy grande. Actualmente, la mineral criolita ha sido reemplazado por una mezcla de fluoruros de sodio, aluminio y calcio. Otro método más moderno es la electrólisis del $AlCl_3$, sin fundente. El reciclado requiere menos de un 5% del consumo eléctrico gastado para obtener la misma cantidad de aluminio de la bauxita. (“Aluminio”, 2013)

2.12.3 Aplicaciones.

Uno de los aspectos más importantes del uso del aluminio es su reciclaje total, de esta manera se disminuye considerablemente los gastos para producir este metal.

- Por su alta resistencia a la corrosión, las magníficas propiedades estructurales, la calidad de fabricación y su coste relativamente bajo, en arquitectura e industria. Se puede utilizar en puertas, ventanas, contraventanas, muros tal y como se observa en la
- Imagen 21.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



Imagen 21: Muros y puertas fabricadas de aluminio. (“Aluminio”, 2013)

- El perfil de aluminio con puente térmico está compuesto por dos partes de aluminio unidas mediante poliamidas tipo PA66 tal y como se observa en la Imagen 22, cargadas con un 25 % de fibra de vidrio (para dar rigidez).

La ventaja del perfil de aluminio con puente térmico respecto al normal es el aislamiento entre la parte interna y la externa del perfil; por lo tanto, asegura el aislamiento mucho mejor ya sea desde el punto térmico como en el acústico, evitando además problemas de condensación. (“Aluminio”, 2013)



Imagen 22: Marcos y perfiles de aluminio. (“Aluminio”, 2013)

- Por su proporción resistencia-peso (un volumen de aluminio pesa menos que 1/3 del mismo volumen de acero. Los únicos metales más ligeros son el litio, el berilio y el magnesio), se utiliza para construir aviones, bicicletas, automóviles y otras



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

aplicaciones en la prima la movilidad y la conservación de energía. (“Aluminio”, 2013)

- Por su elevada conductividad del calor, el aluminio se emplea en radiadores, utensilios de cocina y en pistones de motores de combustión interna tal y como se observa en la Imagen 23.



Imagen 23: Radiadores. (“Aluminio”, 2013)

- Por su buena relación conductividad eléctrica-peso (si bien es un 63% menos conductor que el cobre, para un mismo volumen, pesa menos de la mitad). El peso tiene mucha importancia en la transmisión de electricidad de alto voltaje a larga distancia, y actualmente se usan conductores de aluminio en tendidos eléctricos.
- Por su alta resistencia sometido a bajas temperaturas. El papel de aluminio de 0,018 cm de espesor, actualmente muy utilizado en usos domésticos, protege los alimentos y otros productos perecidos tal y como se observa en la Imagen 24 . Unido a su poco peso, facilidad de moldeado y a su compatibilidad con comidas y bebidas, el aluminio se usa mucho en contenedores, envoltorios flexibles, botellas y latas de fácil apertura. (“Aluminio”, 2013)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



Imagen 24: Contenedores y envolturas flexibles de aluminio. (“Aluminio”, 2013)

- Por su resistencia a la corrosión al agua del mar, se utiliza para fabricar cascos de barco y otros mecanismos acuáticos.
- Por su elevada reflexión para la luz visible y el calor radiante, el aluminio evaporado al vacío, forma una capa óxido que no se deteriora como las de plata. Se usan para la construcción de espejos de telescopios, papeles decorativos, empaquetado, juguetes, etc.
- La alúmina se usa en la fabricación de vidrios y material refractario como catalizador. (“Aluminio”, 2013)

2.13 Acero.

Se conoce como acero a un conjunto de aleaciones del hierro (Fe) con otros elementos, principalmente carbono (C), pero también zinc (Zn), silicio (Si) o aluminio (Al). Estas aleaciones alteran las propiedades del metal resultante, obteniendo un material más resistente o menos oxidable, etc. El nombre del acero proviene del latín *aciarius*, que refiere al material del cual estaban hechas las armas blancas en la antigüedad. El acero es un material importantísimo en las industrias humanas. Es ampliamente utilizado como material de construcción y como materia prima de diversas herramientas y piezas mecánicas. Es un caso ejemplar de aleación metálica, técnica de combinación de materiales gracias a la cual se suman sus propiedades y se obtiene un material nuevo y particular. (“Características del Acero”, s/f)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

2.13.1 Propiedades.

Las propiedades del acero varían de acuerdo a su composición, es decir, a los elementos que estén aleados en su interior. Por eso es difícil determinar sus propiedades universales.

- A grandes rasgos constituye un material con una densidad manejable (7850 kg/m³), que se dilata y contrae con las variaciones de la temperatura. Posee un altísimo punto de ebullición (hasta los 3000°C). En líneas generales es sumamente tenaz, medianamente dúctil, y es maleable.
- El acero es además un material más duro que el hierro (y por ende más frágil). Se puede soldar con suma facilidad, y es un buen conductor de la electricidad y del magnetismo. De hecho, una pieza de acero imantada no pierde su magnetismo a menos que se la caliente a cierta temperatura. Por eso, se utiliza para fabricar imanes artificiales.
- La gran desventaja del acero es su susceptibilidad a la corrosión: ya que el hierro puede oxidarse muy fácilmente, genera grietas superficiales que eventualmente pueden consumir la pieza completamente. La solución para este problema son los llamados “aceros inoxidable”. En ellos, se añade algún otro componente metálico (níquel y cromo generalmente) para disminuir la reactividad del hierro. (“Características del Acero”, s/f)

2.13.2 Procedimiento de obtención.

La técnica de obtención del acero en la actualidad incluye diversos metales y metaloides que forman ferroaleaciones, que le proporcionan dureza y resistencia. Además, el proceso involucra la llamada metalurgia secundaria. Esta segunda etapa le otorga las propiedades químicas y el nivel de inclusiones e impurezas deseado.

El procedimiento habitual involucra el añadido al hierro de una cantidad de carbono no superior al 2%, dependiendo del grado. Esto se realiza en hornos potentes, en los cuales se mantiene a los metales en estado líquido, antes de proceder a mezclarlos y verter la mezcla en un molde para su posterior enfriado. (“Características del Acero”, s/f)



2.13.3 Aplicaciones.

El acero se encuentra en nuestras vidas en casi todas partes, en distintas formas y presentaciones, tales como:

- **Piezas de maquinaria:** para automóviles, maquinaria agrícola, armamento militar o tecnología industrial.
- **Vehículos enteros:** como la carrocería y esqueleto de barcos, vehículos blindados, y ferrocarriles tal y como se observa en la Imagen 25.



Imagen 25: Carrocería de carro. (“Características del Acero”, s/f)

- **Herramientas y aplicaciones:** Todo tipo de objetos como soldaduras, tornillos, tuercas, remaches, chapas troqueladas, muelles de válvulas, martillos, llaves, destornilladores, etc.
- **Herramientas de cocina:** Como sartenes, ollas, cubiertos, etc tal y como se observa en la Imagen 26.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



Imagen 26: Utensilios de cocinas fabricadas a partir de acero. (“Características del Acero”, s/f)

- **Piezas de construcción:** Como las vigas para el embaulado del hormigón. (“Características del Acero”, s/f)

2.14 Plástico (Nylamid).

El plástico es un material que está compuesto por proteínas, resinas u otras sustancias. Es fácil de moldear al exponerse a altas temperaturas pudiendo permanecer inalterable luego de dicha exposición. Por esta razón se dice que el plástico posee propiedades de flexibilidad y elasticidad ya que permite su adaptación a determinadas formas. (“Características del Plástico”, s/f)

El plástico, una vez que alcanza su forma final, resulta ser bastante resistente y difícil de degradar. Sus utilidades son variadas, se utiliza para la construcción de botellas, mesas, floreros, entre otras.

La resistencia al deterioro, la impermeabilidad y el bajo costo convierten a este material en uno de los más utilizados tanto en la industria como en el consumo cotidiano. Sin embargo, este material no es fácil de reciclar, pudiendo contaminar el medio ambiente durante miles de años. (“Características del Plástico”, s/f)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Los plásticos tienen como cualidades generales, el ser muy ligeros y resistentes a la oxidación principalmente. Sin embargo, esto no es suficiente, ya que la industria constantemente hay demandas de materiales que satisfagan necesidades aún más complicadas y diversas. El Nylamid ofrece múltiples alternativas de solución a estos requerimientos, ya que cuentan con las características más apropiadas para cada caso, entre las más importantes se mencionan las siguientes:

Tabla 14: Propiedades del Nylamid. (Nylamid, s/f)

Estabilidad dimensional	Maleabilidad	Compatibilidad para usarse en contacto con alimentos, sin contaminar
Resistencia dieléctrica	Resistencia mecánica	Resistencia química
Resistencia al desgaste	Resistencia térmica	Rigidez

Estos productos son plásticos de ingeniería de varias familias de polímeros, como nylon, polietileno y acetal, entre otros, fabricados por vaciado, moldeo por compresión y extrusión, de acuerdo a los adelantos más recientes de la tecnología de los plásticos. (Nylamid, s/f)

2.14.1 Aplicaciones.

La versatilidad de los productos con Nylamid ha ayudado a resolver problemas de diseño de partes para equipo original o de sustitución de refacciones fabricadas con otros materiales tal y como se muestra en la Imagen 27 , como: acero, bronce, aluminio, madera, cerámica, celerón y otros plásticos, en un sin número de sectores industriales tal y como se muestra en la Tabla 15 y

Tabla 16.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Tabla 15: Sectores industriales donde se utilizan productos de Nylamid. (Nylamid, s/f)

Alimenticio	Transportadores	Bienes de capital	Minero
Siderúrgico	Constructor	Papelero	Textil
Embotellador	Azucarero	Naval	Farmacéuticos
Azucarero			

Tabla 16: El uso frecuente de este material. (Nylamid, s/f)

Cojinetes	Soportes	Aislantes dieléctricos
Poleas	Ruedas	Guías de desgaste
Rodillos	Engranajes	Aislantes térmicos
Engranajes		



Imagen 27: Uso del Nylamid en la industria para fabricación de piezas mecánicas. (Nylamid, s/f)

2.14.2 Propiedades.

- **Buena relación Costo-Beneficio:** El rendimiento de las piezas fabricadas con productos de Nylamid, en combinación con el precio, es sin duda el principal motivo para su aplicación, ya que, aunque en algunas ocasiones existan materiales más baratos, su limitada durabilidad generan gastos extras derivados de la



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

mayor frecuencia de recambio de las refacciones, los paros para mantenimiento, montaje y desmontaje, etc. (Nylamid, s/f)

- **Facilidad de maquinado:** Por su suavidad la mayoría de estos productos se maquinan mucho más rápido que los metales, dando como resultado, ahorros muy significativos.
- **Ligereza:** Por pesar menos que los metales, los plásticos exigen menor esfuerzo de los motores, contribuyendo así a consumir menos energía.
- **Menor consumo de lubricantes:** Gracias a su bajo coeficiente de fricción el Nylamid ayuda a reducir el consumo de lubricantes y en algunos casos hasta lo elimina.
- **Reduce el nivel de ruido:** La capacidad de absorción de impactos tan característica de los plásticos ayudan a disminuir la emisión de ruido provocado por las partes que trabajan en movimiento y en contacto directo entre sí.
- **Disponibilidad:** Hoy en día existe en el mercado una gran variedad de productos, presentaciones y medidas para satisfacer las necesidades del mercado, contribuyendo a reducir las importaciones. (Nylamid, s/f)

2.15 Breve historia de la manufactura.

La manufactura se originó entre los años 5000 y 4000 a.C. Es más antigua que la historia registrada. Las marcas y los dibujos en las cuevas o en las rocas primitivas dependían de alguna forma de marcador o brocha, y se empleaba una “pintura” o algún medio para grabar en la roca. Era necesario fabricar herramientas apropiadas para esas aplicaciones. La manufactura de productos que tenían diversos usos específicos comenzó con la producción de artículos de madera, cerámica, piedra y metal. Los materiales y procesos que se utilizaron para dar forma a productos mediante la fundición y el martillado se han desarrollado gradualmente a lo largo de los siglos, usando nuevos materiales y operaciones más complejas, con crecientes capacidades de producción y mayores niveles de calidad. Los primeros materiales utilizados para fabricar utensilios domésticos y objetos ornamentales incluían metales como el oro, hierro y cobre, seguidos de la plata, el plomo, estaño, latón y bronce. La producción de acero (entre los años 600 y 800 d.C.) constituyó un hito importante; desde



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

entonces se ha desarrollado una variedad muy amplia de metales ferrosos y no ferrosos. En la actualidad, los materiales que se emplean en productos avanzados, como computadoras y aeronaves supersónicas, incluyen materiales de ingeniería (desarrollados para ese fin) con propiedades únicas, como cerámicos avanzados, plásticos reforzados, materiales compuestos y nanomateriales. (Willian, F, s/f)

Hasta antes de la Revolución Industrial, que comenzó en Inglaterra durante la década de 1750, los bienes se producían en lotes y se requería mucha confianza en la mano de obra en todas las fases de la producción. A dicha revolución también se le denomina Primera Revolución Industrial, ya que la segunda comenzó a mediados del siglo XX con el desarrollo de los dispositivos electrónicos de estado sólido y las computadoras. La mecanización moderna comenzó en Inglaterra y el resto de Europa con el desarrollo de la maquinaria textil y de las máquinas herramienta para cortar metales. Esta tecnología se trasladó rápidamente a Estados Unidos, en donde se desarrolló más y se introdujo el importante avance del diseño, la fabricación y el uso de partes intercambiables, creadas por Eli Whitney a principios de 1800. Antes de esta aportación era necesario en gran medida el ajuste a mano, porque no se podían fabricar dos partes exactamente iguales. Ahora se da por entendido que podemos reemplazar un tornillo roto de cierto tamaño con uno idéntico comprado años después en una ferretería local. Pronto siguieron nuevos desarrollos, cuyos resultados son incontables productos de uso común y sin los cuales hoy no podríamos imaginar nuestra vida.

Al inicio de la década de 1940 se alcanzaron hitos importantes en todos los aspectos de la manufactura. Durante los últimos 100 años, y particularmente durante las últimas tres décadas con el advenimiento de la era de las computadoras, si se compara con el largo periodo transcurrido del año 4000 al año 1 a.C. Aunque los romanos tenían factorías para producir en masa artículos de vidrio, al principio los métodos eran muy primitivos y por lo general muy lentos, con mucha mano de obra en el manejo de partes y en la operación de la maquinaria. Hoy en día, con la ayuda de los sistemas de manufactura integrados por computadora, los métodos de producción han avanzado tanto que, por ejemplo, las latas de aluminio para bebidas se manufacturan a velocidades de 500 por minuto, los agujeros en las hojas metálicas se perforan a razón de 800 por minuto y las bombillas se elaboran en cantidades de más de 2000 por minuto. (Groover, 2007)



2.16 Selección del proceso de manufactura.

De modo que analizado cada uno de los diferentes tipos de mezcladores y los tipos de materiales con el que se puede manufacturar el mezclador, ahora examinaremos los diferentes tipos de procesos de manufactura que podemos emplear para obtenerlo el mezclador, de tal manera que se muestra a continuación un mapa conceptual en la Imagen 28 de los diferentes tipos de procesos de manufactura.

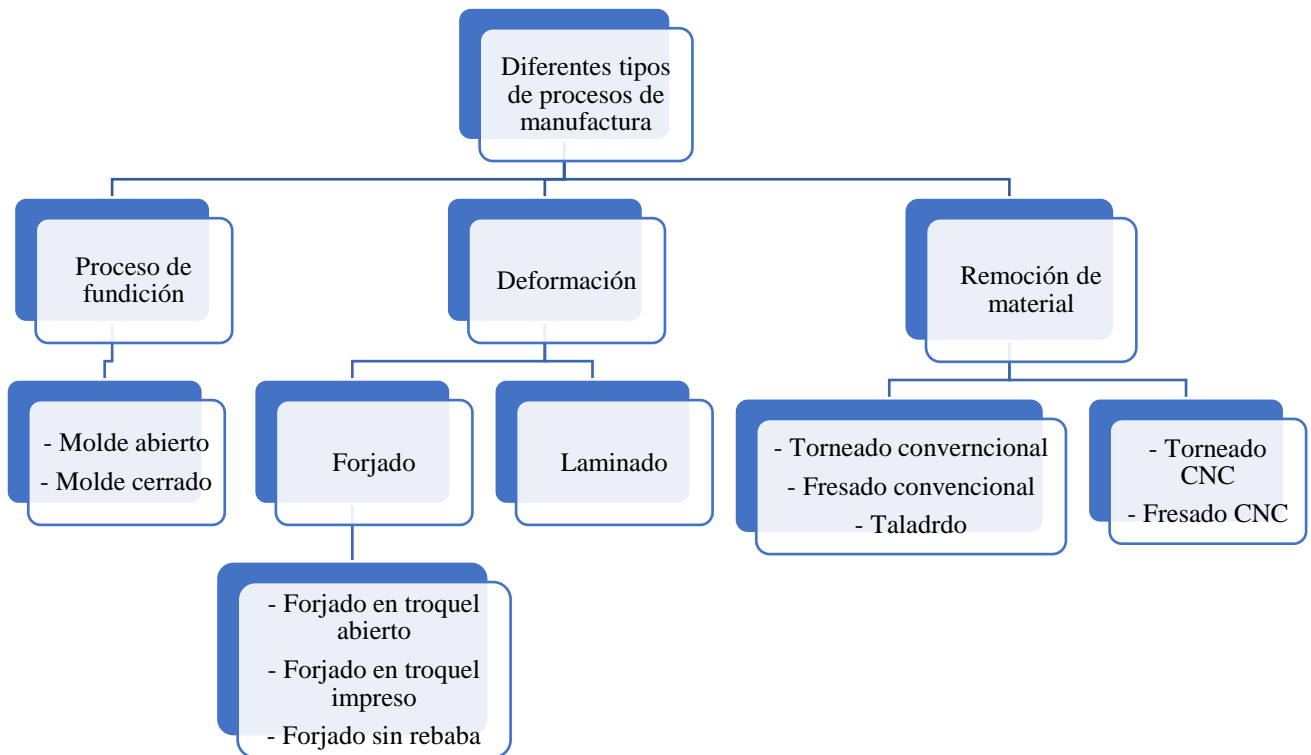


Imagen 28: Mapa conceptual de los procesos de manufactura.

Continuando con el mapa conceptual, se describirán de manera más breve y precisa los tipos de procesos de manufactura, para poder determinar qué tipo de proceso de manufactura nos favorecerá para obtener nuestras piezas que conformaran el mezclador.



2.16.1 Proceso de fundición.

La fundición es un proceso en el que metal derretido fluye por gravedad u otra fuerza hacia un molde en el que se solidifica con la forma de la cavidad de éste. El término fundición también se aplica al objeto que se fabrica por medio de este proceso. Es uno de los procesos más antiguos de conformación, pues se remonta a hace 6000 años. El principio de la fundición parece sencillo: se derrite metal, se vierte en un molde y se deja enfriar y solidificar; no obstante, hay muchos factores y variables que deben considerarse a fin de lograr una operación de fundido exitosa. (Aronson, 2004)

El molde contiene una cavidad cuya configuración geométrica determina la forma de la pieza fundida, existes 2 tipos de moldes tal y como se muestra en la Imagen 29 que son:

- En un molde abierto, donde el metal líquido simplemente se vierte hasta que llena la cavidad abierta.
- En un molde cerrado, se adapta un pasaje denominado sistema de paso, que permite que el derretido fluya desde el exterior del molde hasta la cavidad. El molde cerrado es con mucho la categoría más importante de las operaciones productivas de fundición. (Aronson, 2004)

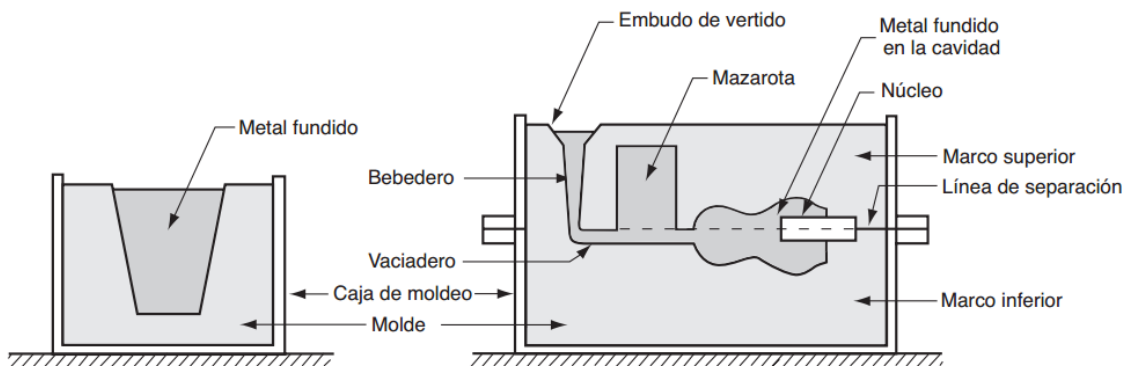


Imagen 29: Molde abierto (izquierda) y molde cerrado (derecha). (Aronson, 2004)

2.16.2 Proceso de deformación.

2.16.2.1 Forjado.

El forjado es un proceso de deformación en el cual se comprime el material de trabajo entre dos troqueles, usando impacto o presión gradual para formar la pieza. Es la operación más



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

antigua para formado de metales y se remonta quizá al año 5000 a.C. En la actualidad el forjado es un proceso industrial importante mediante el cual se hace una variedad de componentes de alta resistencia para automóviles, vehículos aeroespaciales y otras aplicaciones. Estos componentes incluyen cigüeñales y bielas para motores de combustión interna, engranes, componentes estructurales para aviación y piezas para turbinas y motores de propulsión. (Degarmo, E.P., Black, J.T & Kohser & A., 2003)

Hay tres tipos de operaciones de forjado:

- Forjado en troquel abierto.

El caso más simple de forjado en troquel abierto consiste en comprimir una pieza de sección cilíndrica entre dos troqueles planos, muy semejante a una prueba de la compresión tal y como se muestra en la Imagen 30. Esta operación de forjado conocida como recalado o forjado para recalcar, reduce la altura del trabajo e incrementa su diámetro. (Degarmo, E.P., Black, J.T & Kohser & A., 2003)

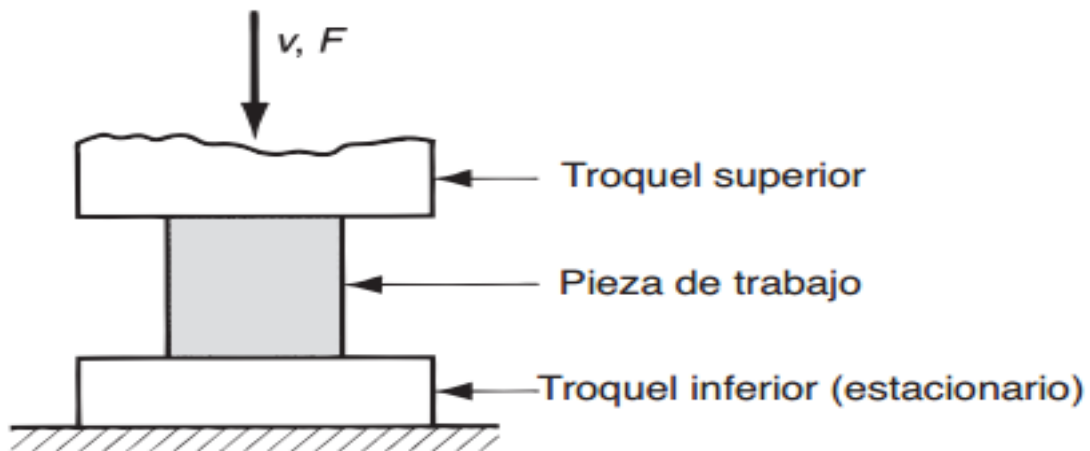


Imagen 30: Forjado de troquel abierto. (Groover, 2007)

- Forjado en troquel impresor.

El forjado con troquel impresor, llamado algunas veces forjado en troquel cerrado, se realiza con troquel que tiene la forma inversa de la requerida para la pieza tal y como se muestra en la Imagen 31. Con frecuencia se requieren varios pasos de formado en el forjado con troquel



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

impresor para transformar la forma inicial en la forma final deseada. Los pasos iniciales se diseñan para redistribuir el metal en la pieza de trabajo y conseguir así una deformación uniforme y la estructura metálica requerida en las etapas subsecuentes. Los últimos pasos le dan el acabado a la pieza final. (Degarmo, E.P., Black, J.T & Kohser & A., 2003)

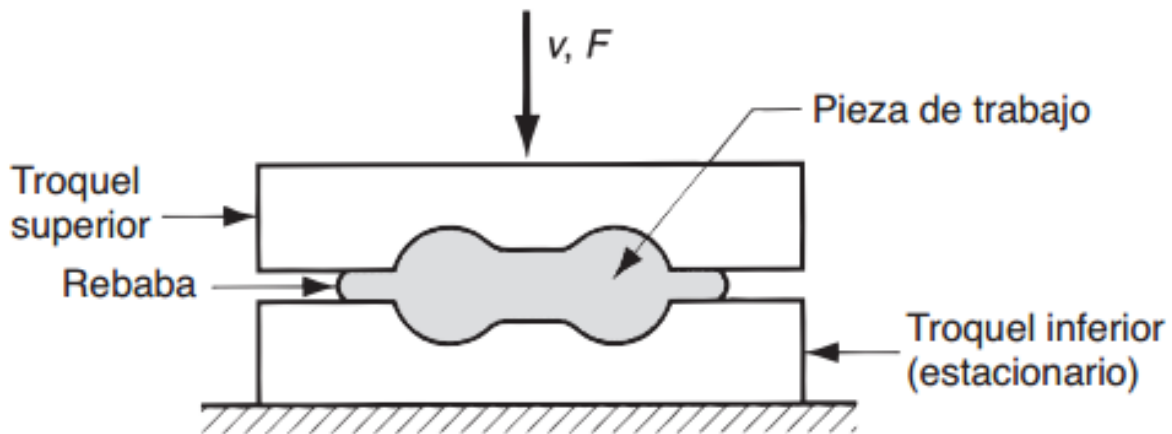


Imagen 31: Forjado de troquel impresor. (Groover, 2007)

➤ Forjado sin rebaba.

En la terminología industrial, el forjado con troquel impresor se llama algunas veces forjado en troquel cerrado. Para identificar este proceso es apropiado el término forjado sin rebaba. El forjado sin rebaba tal y como se muestra en la Imagen 32 impone ciertos requerimientos sobre el control del proceso, más exigentes que el forjado con troquel impresor. Si la pieza en blanco inicial es demasiado grande, la presión excesiva puede causar daño al troquel o a la prensa. Si la pieza en blanco es demasiado pequeña, no se llenará la cavidad. Debido a este requerimiento especial, el proceso es más adecuado en la manufactura de piezas geométricas simples y simétricas, y para trabajar metales como el aluminio, el magnesio o sus aleaciones. El forjado sin rebaba se clasifica frecuentemente como un proceso de forjado de precisión. (Degarmo, E.P., Black, J.T & Kohser & A., 2003)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

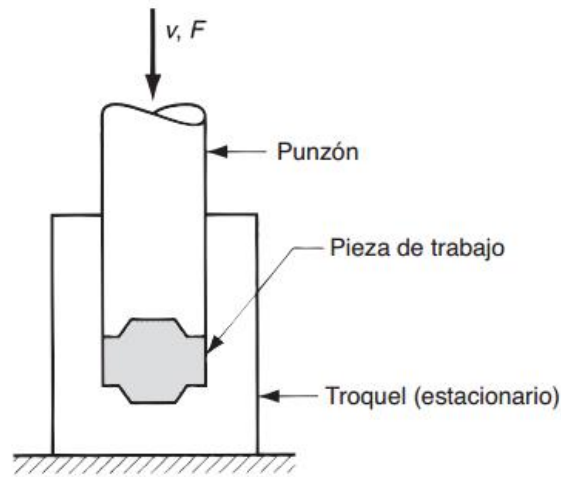


Imagen 32: Forjado sin rebaba. (Groover, 2007)

2.16.2.2 Laminado.

El laminado es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos. Los rodillos giran, tal y como se muestra en la Imagen 33 para jalar del material del trabajo y simultáneamente apretarlo entre ellos. El proceso de laminado plano es básico, y se usa para reducir el espesor de una sección transversal rectangular. Un proceso estrechamente relacionado es el laminado de perfiles, en el cual una sección transversal cuadrada se transforma en un perfil. (Kalpakjian, S & Schmid, 2003)

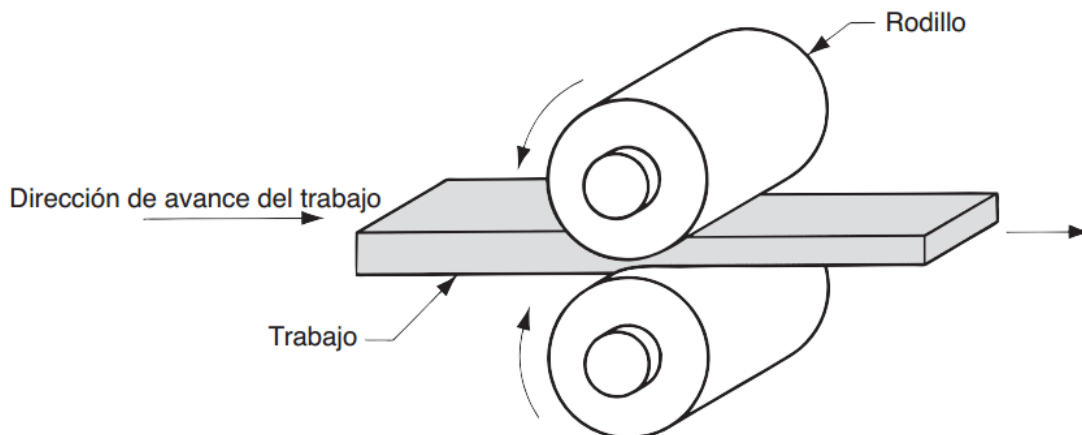


Imagen 33: Procesos de laminado. (Kalpakjian, S & Schmid, 2003)



2.16.3 Proceso de remoción de material.

Los procesos de remoción de material son operaciones que retiran el exceso de material de la pieza de trabajo con que se inicia, de modo que la forma que resulta tiene la geometría buscada. Los procesos más importantes de esta categoría son las operaciones de maquinado tales como torneado, perforado y fresado, siendo el maquinado el proceso de manufactura más importante. Estas operaciones de corte se aplican más comúnmente a metales sólidos, y se llevan a cabo con el empleo de herramientas de corte más duras y fuertes que el metal de trabajo. (Kalpakjian, S & Schmid, 2003)

2.16.3.1 Torneado.

En el torneado se usa una herramienta de corte con un borde cortante simple destinado a remover material de una pieza de trabajo giratoria para dar forma a un cilindro. El movimiento de velocidad del torneado lo proporciona la pieza de trabajo giratoria y el movimiento de avance lo realiza la herramienta de corte, moviéndose lentamente en una dirección paralela al eje de rotación de la pieza de trabajo.

El torneado tal y como se muestra en la Imagen 35 se lleva a cabo tradicionalmente en una máquina herramienta llamada torno, la cual suministra la potencia para tornear la pieza a una velocidad de rotación determinada con avance de la herramienta y profundidad de corte especificados. (“Maquinado de elementos”, 2016)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

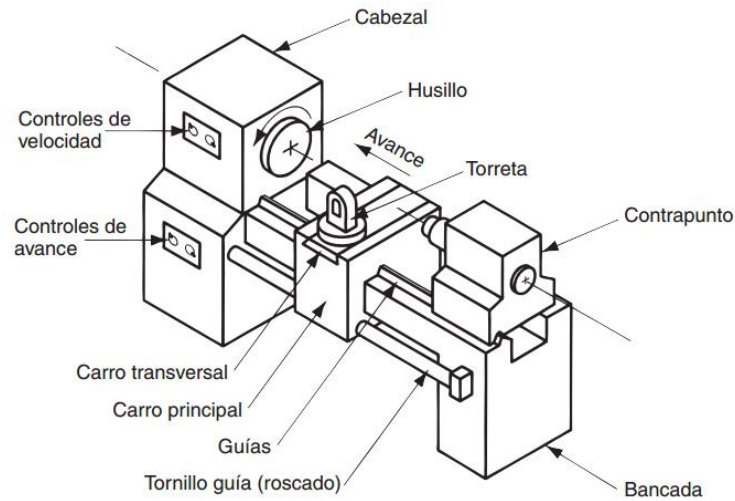


Imagen 34: Torno convencional y sus partes. (Groover, 2007)

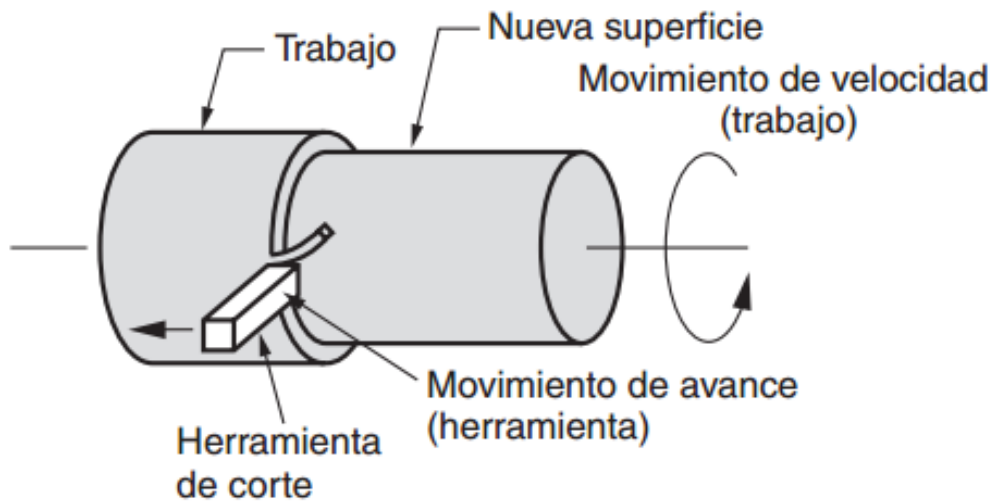


Imagen 35: Torneado.(Groover, 2007)

Además del torneado, se puede realizar una gran variedad de operaciones de maquinado en un torno tal y como se muestra en la Imagen 36.

- a) **Careado:** La herramienta se alimenta radialmente sobre el extremo del trabajo rotatorio para crear una superficie plana.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

- b) Torneado ahusado o cónico:** En lugar de que la herramienta avance paralelamente al eje de rotación del trabajo, lo hace en cierto ángulo creando una forma cónica.
- c) Torneado de contornos:** En lugar de que la herramienta avance a lo largo de una línea recta paralela al eje de rotación como en torneado, sigue un contorno diferente a la línea recta, creando así una forma contorneada en la pieza torneada.
- d) Torneado de formas:** En esta operación llamada algunas veces formado, la herramienta tiene una forma que se imparte al trabajo y se hunde radialmente dentro del trabajo.
- e) Achaflanado:** El borde cortante de la herramienta se usa para cortar un ángulo en la esquina del cilindro y forma lo que se llama un “chaflan”.
- f) Tronzado:** La herramienta avanza radialmente dentro del trabajo en rotación, en algún punto a lo largo de su longitud, para trozar el extremo de la pieza. A esta operación se le llama algunas veces partición.
- g) Roscado:** Una herramienta puntiaguda avanza linealmente a través de la superficie externa de la pieza de trabajo en rotación y en dirección paralela al eje de rotación, a una velocidad de avance suficiente para crear cuerdas roscadas en el cilindro.
- h) Perforado:** Una herramienta de punta sencilla avanza en línea paralela al eje de rotación, sobre el diámetro interno de un agujero existente en la pieza.
- i) Taladrado:** El taladrado se puede ejecutar en un torno, haciendo avanzar la broca dentro del trabajo rotatorio a lo largo de su eje. El escariado se puede realizar en forma similar.
- j) Moleteado:** Ésta es una operación de maquinado porque no involucra corte de material. Es una operación de formado de metal que se usa para producir un rayado regular o un patrón en la superficie de trabajo. (Groover, 2007)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

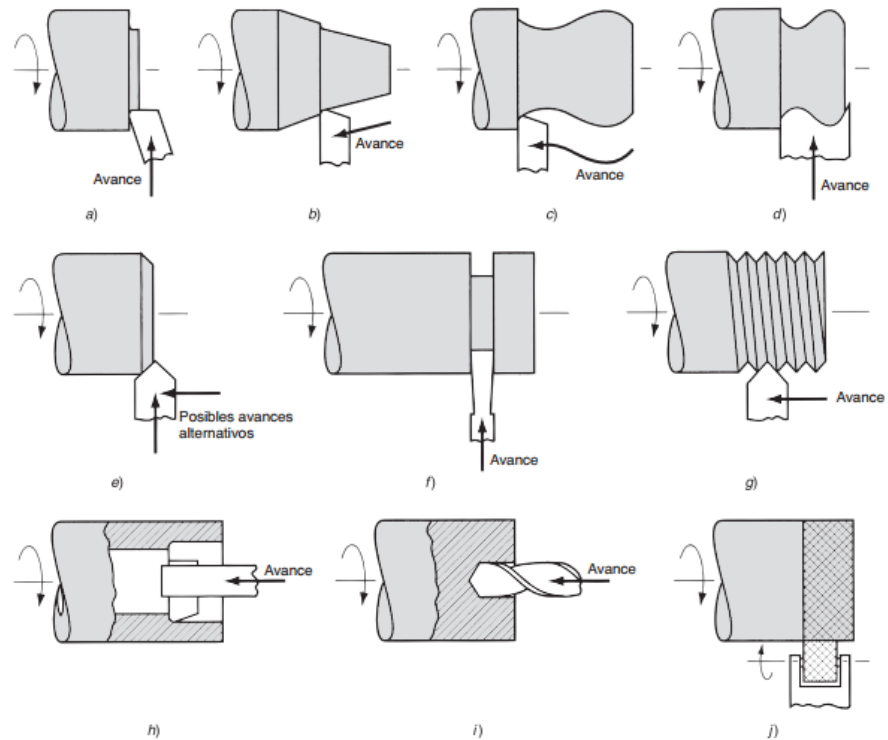


Imagen 36: Operaciones de maquinado. (Aronson, 2004)

2.16.3.2 Taladrado.

El taladrado se usa para crear un agujero redondo. Esto se realiza generalmente con una herramienta giratoria que tiene dos filos cortantes. La herramienta avanza en una dirección paralela a su eje de rotación dentro de la pieza de trabajo para formar el agujero redondo tal y como se muestra en la Imagen 37. (Israelsson, 2000)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

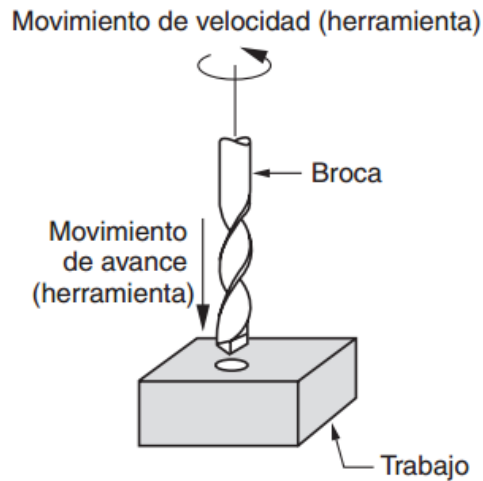


Imagen 37: Taladrado. (Groover, 2007)

Varias operaciones se relacionan con el taladrado tal y como se muestra en la Imagen 38 y se describen en esta sección. La mayoría de las operaciones son posteriores al taladrado. Primero debe hacerse un agujero por taladrado y después modificarse por alguna de estas operaciones. El centrado y el refrentado son excepciones a esta regla. Todas las operaciones usan herramientas rotatorias. (Israelsson, 2000)

- a) **Escariado:** Se usa para agrandar ligeramente un agujero, suministrar una mejor tolerancia en su diámetro y mejorar su acabado superficial. La herramienta se llama escariador y, por lo general, tiene ranuras rectas.
- b) **Roscado interior:** Esta operación se realiza por medio de un machuelo y se usa para cortar una rosca interior en un agujero existente.
- c) **Abocardado:** En el abocardado se produce un agujero escalonado en el cual un diámetro más grande sigue a un diámetro más pequeño parcialmente dentro del agujero. Se usa un agujero abocardado para asentar las cabezas de los pernos dentro de un agujero, de manera que no sobresalgan de la superficie.
- d) **Avellanado:** Es una operación similar al abocardado salvo que el escalón en el agujero tiene forma de cono para tornillos y pernos de cabeza plana.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

e) **Centrado:** También llamado taladrado central, esta operación taladra un agujero inicial para establecer con precisión el lugar donde se taladrará el siguiente agujero. La herramienta se llama broca de centros.

f) **Refrentado:** Es una operación similar al fresado que se usa para suministrar una superficie maquinada plana en la pieza de trabajo en un área localizada. (Israelsson, 2000)

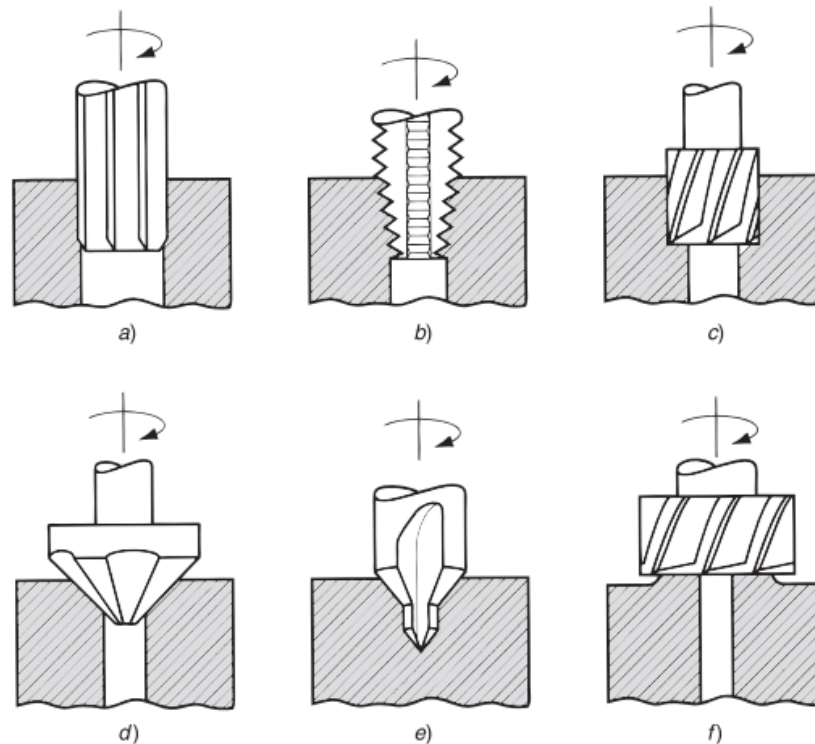


Imagen 38: Tipos de operaciones en el taladrado. (Aronson, 2004)

2.16.3.3 Fresado.

El fresado es una operación de maquinado en la cual se hace pasar una pieza de trabajo enfrente de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes (en algunos casos raros se usa una herramienta con un solo filo cortante llamado fresa perfilada simple). El eje de rotación de la herramienta cortante es perpendicular a la dirección de avance. La orientación entre el eje de la herramienta y la dirección del avance es la característica que distingue al fresado del taladrado. La herramienta de corte en fresado se llama fresa o cortador para fresadora y los bordes cortantes se llaman dientes. Debido a la variedad de formas posibles y a sus altas velocidades de producción, el fresado es una de las



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

operaciones de maquinado más versátiles y ampliamente usadas tal y como se muestra en la Imagen 39. El fresado es una operación de corte interrumpido; los dientes de la fresa entran y salen del trabajo durante cada revolución. Esto interrumpe la acción de corte y sujeta los dientes a un ciclo de fuerza de impacto y choque térmico en cada rotación. El material de la herramienta y la forma del cortador deben diseñarse para soportar estas condiciones. (Trent, 2000)

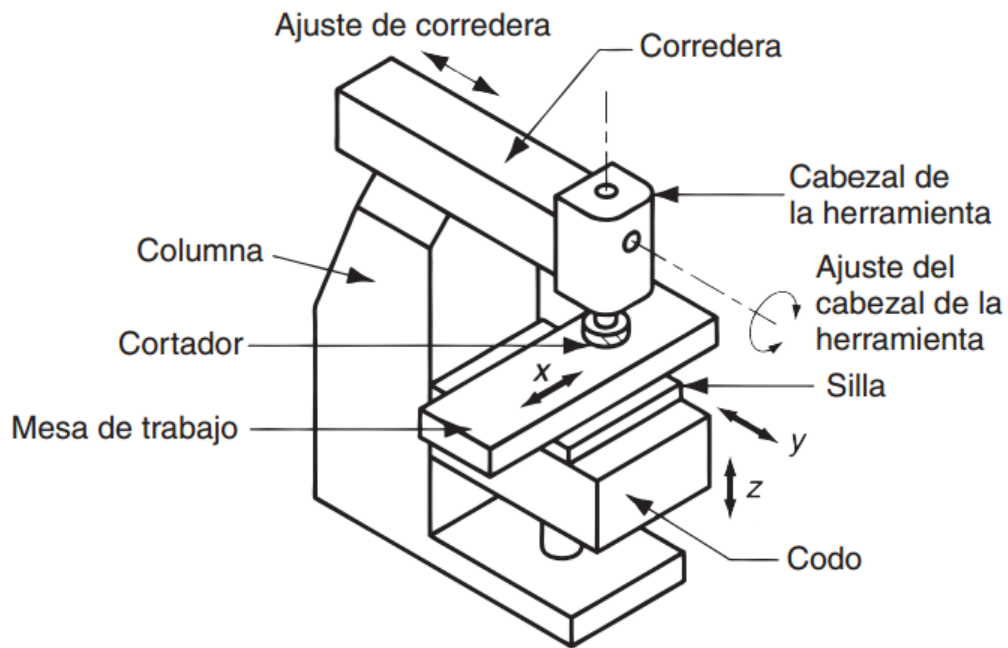


Imagen 39: Fresado Convencional.(Trent, 2000)

Tipos de operaciones en el fresado

Hay dos tipos básicos de operaciones de fresado, tal y como se muestra en la Imagen 40

- Fresado periférico.
- Fresado frontal.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

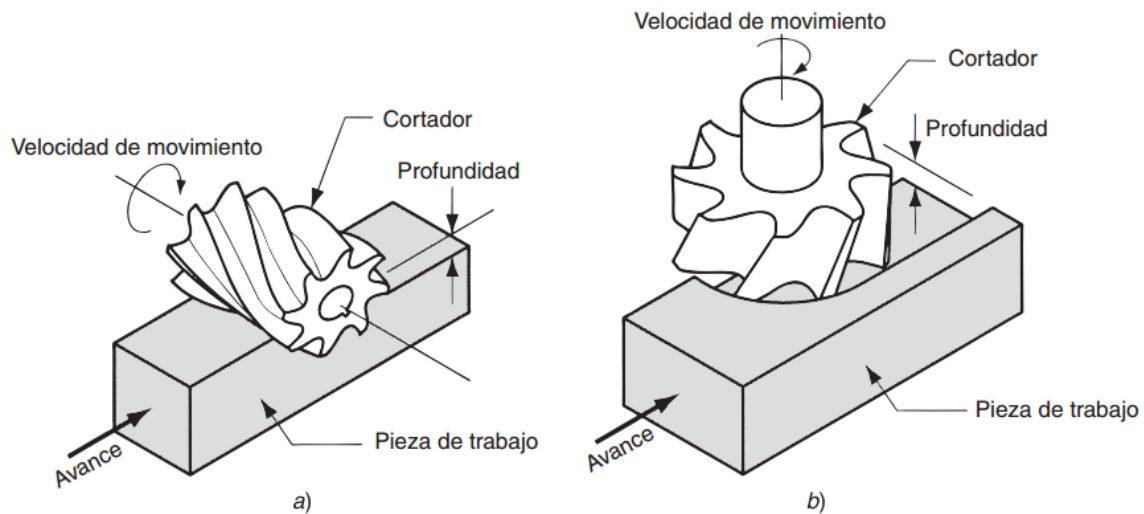


Imagen 40: Fresado periférico y Frontal respectivamente. (Trent, 2000)

El fresado periférico, también llamado fresado plano, el eje de la herramienta es paralelo a la superficie que se está maquinando y la operación se realiza por los bordes de corte en la periferia exterior del cortador tal y como se muestra en la Imagen 41, existen varios tipos de fresado periférico:

- a) Fresado de placa es la forma básica de fresado periférico en la cual el ancho de la fresa se extiende más allá de la pieza de trabajo en ambos lados.
- b) Ranurado también llamado fresado de ranuras, en el cual el ancho de la fresa es menor que el ancho de la pieza de trabajo, creando una ranura en el trabajo; cuando la fresa es muy delgada se puede usar esta operación para tallar ranuras angostas o para cortar una pieza de trabajo en dos, llamado fresado aserrado.
- c) Fresado lateral en el cual la fresa máquina el lado de una pieza de trabajo.
- d) Fresado paralelo simultáneo, el cual es el mismo que el fresado natural, excepto porque el corte tiene lugar en ambos lados del trabajo. (Trent, 2000)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

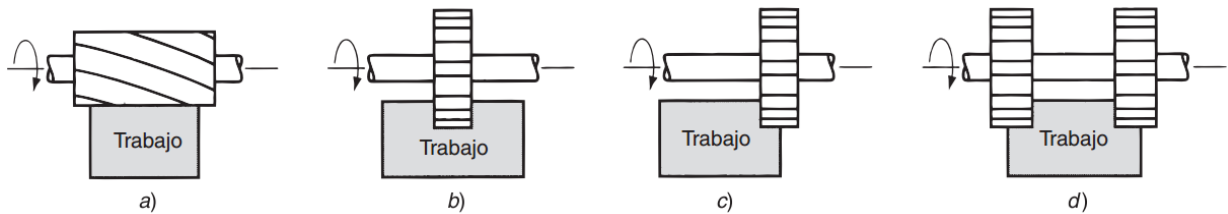


Imagen 41: Tipos de fresado periférico.(Trent, 2000)

En el fresado periférico hay dos direcciones opuestas de rotación que puede tener la fresa respecto al trabajo. Estas direcciones distinguen dos formas de fresado tal y como se muestra en la Imagen 42 : fresado ascendente y fresado descendente. (Trent, 2000)

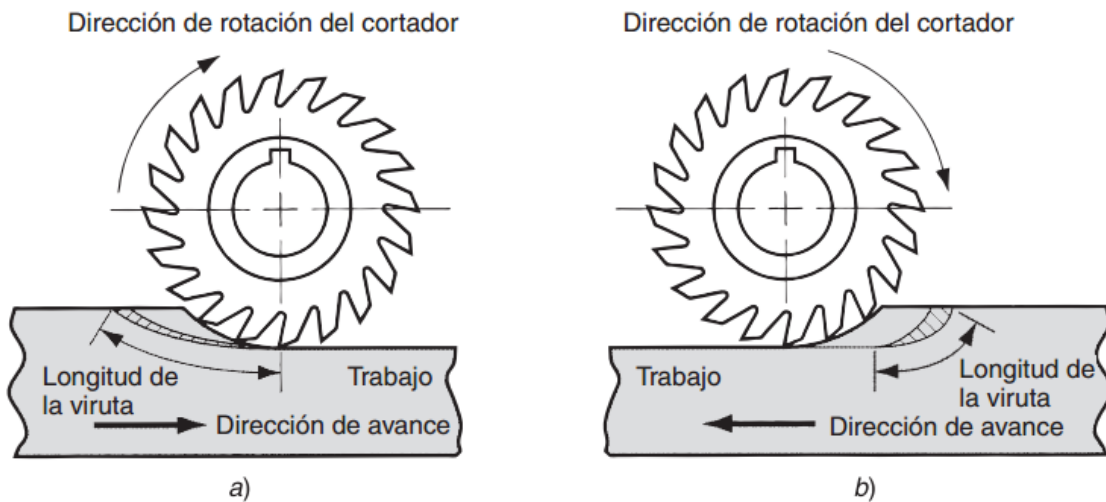


Imagen 42: Fresado ascendente y Fresado descendente. (Trent, 2000)

- a) En el fresado ascendente, también llamado fresado convencional, la dirección del movimiento de los dientes de la fresa es opuesto a la dirección de avance cuando los dientes cortan el trabajo. Es decir, cortan “contra el avance”.
- b) En el fresado descendente, también llamado fresado tipo escalamiento, la dirección del movimiento de la fresa es la misma que la dirección de avance cuando los dientes cortan el trabajo. Es un fresado “con el avance”.

De igual manera que en el fresado periférico, también en el fresado frontal existen diversas formas tal y como se muestra en la Imagen 43 :



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

- a) **Fresado frontal convencional:** En el que el diámetro de la fresa es más grande que el ancho de la pieza de trabajo, de tal manera que la fresa sobrepasa al trabajo en ambos lados.
- b) **Fresado frontal parcial:** En el que la fresa sobrepasa al trabajo solamente en un lado.
- c) **Fresado terminal:** En el cual el diámetro de la fresa es menor que el ancho del trabajo, de manera que se corta una ranura dentro de la pieza.
- d) **Fresado de perfiles:** Es una forma de fresado terminal en el cual se corta una pieza plana de la periferia.
- e) **Fresado de cavidades:** Otra forma de fresado terminal usada para fresar cavidades poco profundas en piezas planas.
- f) **Fresado de contorno superficial:** En el cual una fresa con punta de bola (en lugar de una fresa cuadrada) se hace avanzar hacia delante y hacia atrás, y hacia un lado y otro del trabajo, a lo largo de una trayectoria curvilínea a pequeños intervalos para crear una superficie tridimensional. Se requiere el mismo control básico para maquinar los contornos de moldes y troqueles en cuyo caso esta operación se llama tallado o contorneado de troqueles. (Trent, 2000)

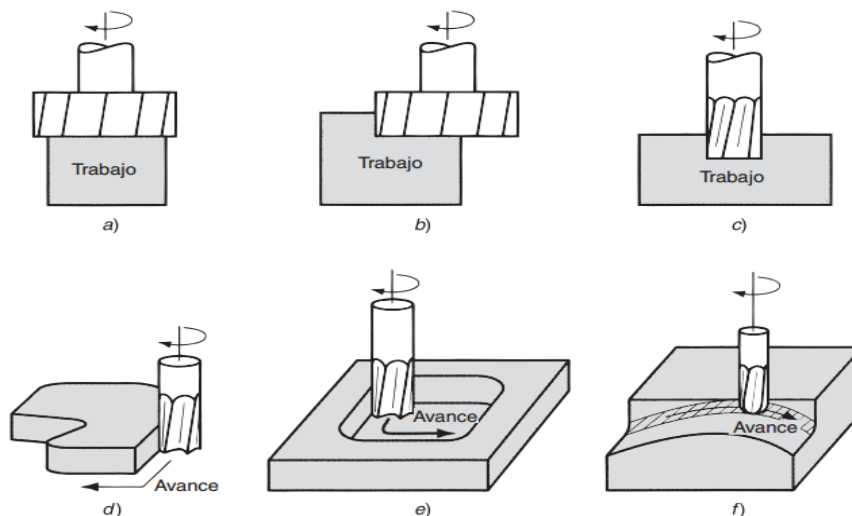


Imagen 43: Tipos de fresado frontal. (Trent, 2000)



2.16.4 Control Numérico Computarizado.

La forma moderna es el control numérico computarizado (CNC), en el que las operaciones de la máquina herramienta son controlados por un “programa de instrucciones”. El CNC es un medio sofisticado y muy versátil para controlar los dispositivos mecánicos, que ha conducido a la creación de máquinas herramienta capaces de ciclos de maquinado y formas geométricas más complejas y a niveles más altos de operación automática que las máquinas para tornillos convencionales y las máquinas de mandril. (Groover, 2007)

2.16.4.1 Torno CNC.

El torno de CNC es un ejemplo de estas máquinas de tornear, y es especialmente útil para operaciones de torneado en contorno con tolerancias de trabajo estrechas. En la actualidad, casi todas las máquinas de barras y tornos de mandril se implementan con CNC tal y como se muestra en la Imagen 44.

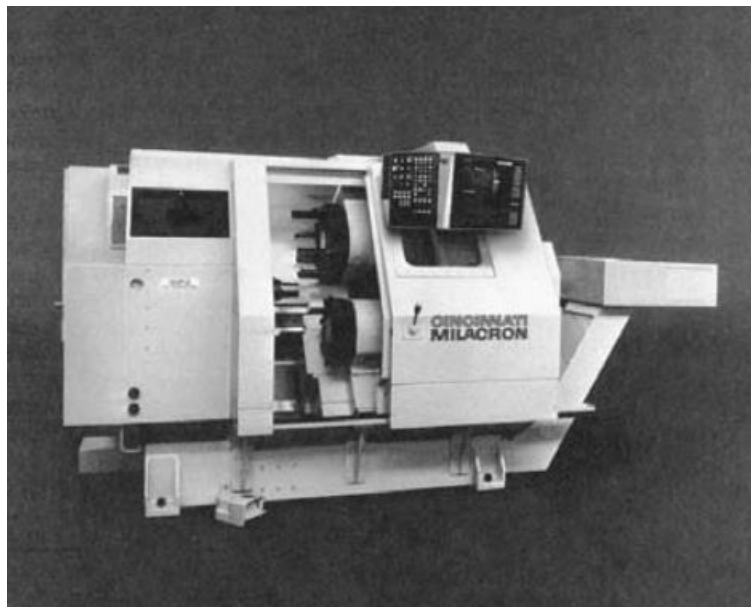


Imagen 44: Máquina de torno CNC. (Groover, 2007)



2.16.4.2 Fresadora CNC.

Las máquinas fresadoras CNC son máquinas en las que la trayectoria de corte se controla por datos numéricos en lugar de plantillas físicas. Las máquinas fresadoras CNC están adaptadas especialmente para el fresado de perfiles, fresado de cavidades, fresado de contorno de superficies y operaciones de tallado de matrices, en las que se debe controlar simultáneamente dos o tres ejes de la mesa de trabajo tal y como se muestra en la Imagen 45 normalmente se requiere el operador para cambiar las fresas y cargar y descargar las piezas de trabajo. (Groover, 2007)



Imagen 45: Máquina de fresadora CNC. (Groover, 2007)



2.17 Herramienta de corte.

Una herramienta de corte tiene uno o más filos cortantes y está hecha de un material que es más duro que el material de trabajo. El filo cortante sirve para separar una viruta del material de trabajo, ligadas al filo cortante hay dos superficies de la herramienta, la cara inclinada y el flanco o superficie de incidencia. La cara inclinada que dirige el flujo de la viruta resultante se orienta en cierto ángulo, llamado ángulo de inclinación, el ángulo se mide respecto a un plano perpendicular a la superficie de trabajo. El ángulo de inclinación puede ser positivo o negativo. El flanco de la herramienta provee un claro entre la herramienta y la superficie del trabajo recién generada; de esta forma protege a la superficie de la abrasión que pudiera degradar el acabado. Esta superficie del flanco o de incidencia se orienta en un ángulo llamado ángulo de incidencia o de relieve. (Trent, 2000)

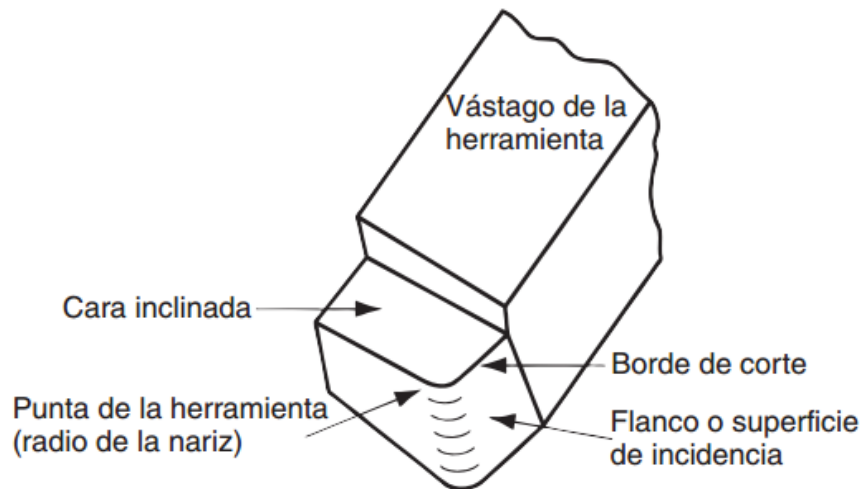


Imagen 46: Herramienta de un solo filo. (Trent, 2000)

Una herramienta de una sola punta tiene un filo cortante y se usa para operaciones como el torneado. Además de las características de la herramienta tal y como se muestra en la Imagen 46, hay una punta en la herramienta de la cual deriva su nombre la herramienta cortante. Durante el maquinado la punta de la herramienta penetra bajo la superficie original del trabajo. La punta está generalmente redondeada en cierto radio llamado el radio de la nariz. (Trent, 2000)



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Las herramientas de múltiples filos cortantes tienen más de un borde de corte y generalmente realizan su movimiento respecto a la pieza de trabajo mediante rotación. El taladrado y el fresado usan herramientas rotatorias de múltiples filos cortantes tal y como se muestra en la Imagen 47. (Trent, 2000)

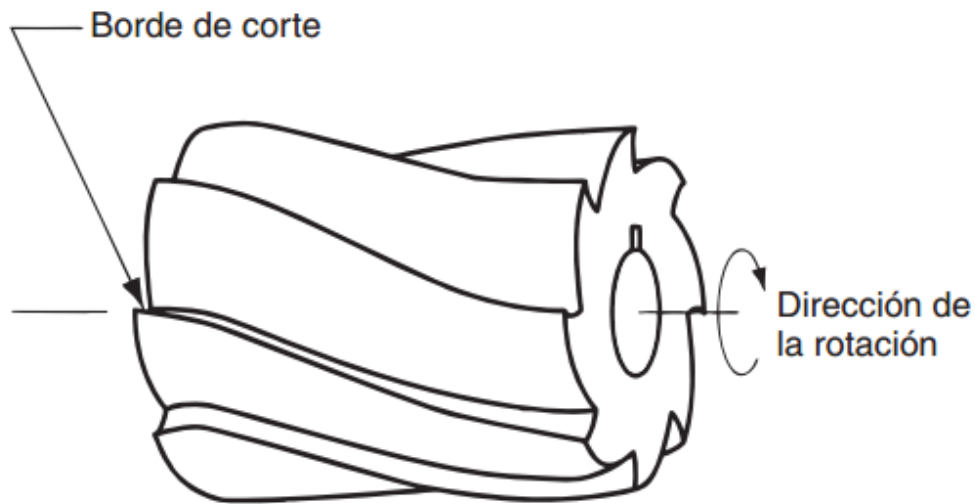


Imagen 47: Herramienta de múltiples filos. (Trent, 2000)

Revisando y analizado cada uno de los procesos de manufactura y el tipo de geometría de las 3 piezas principales que conforman el mezclador, el proceso de manufactura por remoción de material es el adecuado para obtener las piezas, ya que con él se puede utilizar no solo una operación maquinaria si no 3 que son : torneado, fresado y taladrado, de igual forma debemos de tomar en cuenta el tipo de cortador que se utilizara para maquinar donde existe una amplia variedad de cortadores con diferentes tipos de filos. (Trent, 2000)

2.18 Herramientas computacionales (software)

El software para el diseño asistido por computadora (CAD) permite el desarrollo de diseños tridimensionales (3-D) a partir de los cuales pueden producirse vistas ortográficas convencionales en dos dimensiones con dimensionamiento automático. Las trayectorias de las herramientas pueden generarse a partir de los modelos 3-D y, en algunos casos, las partes pueden crearse directamente desde una base de datos 3-D mediante el uso de un método para la creación rápida de prototipos y manufactura (estereolitografía) manufactura sin papeles,



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Otra ventaja de este tipo de base de datos es que permite cálculos rápidos y exactos de ciertas propiedades como la masa, la localización del centro de gravedad y los momentos de inercia de masa. Del mismo modo, pueden obtenerse con facilidad otras propiedades como áreas y distancias entre puntos. Existe una gran cantidad de software de CAD disponible como Aries, AutoCAD, CadKey, I-Deas, Unigraphics, SolidWorks y ProEngineer, sólo por mencionar algunos. (Budynas, Richard G. Nisbett, 2014) & (Erwing, s/f)

2.18.1 AutoCAD

Autodesk AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. El nombre AutoCAD surge como creación de la compañía Autodesk, donde Auto hace referencia a la empresa y CAD a dibujo asistido por computadora (por sus siglas en inglés computer assisted drawing), teniendo su primera aparición en 1982. AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

2.18.2 SolidWorks ®

SolidWorks es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes, S.A. (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. Su primera versión fue lanzada al mercado en 1995 con el propósito de hacer la tecnología CAD más accesible. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Con base a lo anterior se pretende desarrollar un mezclador estático de tipo de brazo o paletas para obtener mezclas homogéneas líquido – sólida, siendo este tipo de mezclador uno de los más sencillos y antiguos utilizado, pero obteniendo muy buenos resultados, aparte de ser de bajo costo y sencillo de manufacturar, podrá ser utilizado rápidamente ya que su limpieza será rápida e inclusive su mantenimiento será mínimo.

Por otra parte el tipo de agitador o impulsor que se seleccionará será de turbina tipo hojas inclinadas generando así un flujo axial/ radial para que las partículas puedan mezclarse de una forma eficaz, donde el eje del agitador girara a máxima 400 RPM, el material ideal con el que será realizado será el de Nylamid ya que este tipo de material una vez que alcanza su forma final, resulta ser bastante resistente, difícil de degradar, muy ligero y resistente a la oxidación, aparte donde sus utilidades son variadas, y es el que comúnmente se utiliza en las industrias para realizar diferentes tipos de piezas mecánicas tales como : engranes, poleas, soportes etc.

El proceso de manufactura que se propone para obtener las piezas será mediante el proceso de remoción de material (torno, fresa y taladrado) y control número computarizado (CNC) ya que se manufacturará piezas muy pequeñas, y de escoger los otros procesos de manufactura como el de deformación o fundición pudiera dejar la pieza del mezclador con algunas cavidades o fisuras que pudiera afectar su correcto funcionamiento.

El mezclador contara con 3 elementos principales que son:

- Tapa
- Recipiente
- Agitador / impulsor

Estos elementos se dibujarán y analizara su estructura en el software Solid Works para obtener óptimos resultados cuando ya estén manufacturados.



3 CAPÍTULO: OBJETIVO GENERAL

Diseñar y manufacturar un mezclador, mediante el análisis de los diferentes tipos de mezcladores industriales existentes realizando una comparación de cada de ellos y de tal manera determinar qué tipo de mezclador resulta ser el más óptimo y eficiente para obtener mezclas homogéneas y heterogéneas.

Determinar y analizar el sistema del agitador que se empleara en el mezclador, donde para obtener un buen mezclado se deben de realizar los cálculos pertinentes para realizar el diseño del mezclador, de tal manera se analizaran los diferentes tipos de procesos de manufactura para la obtención del mezclador.

3.1 Objetivo específico

- Conocer los diferentes tipos de mezcladores industriales existentes en la industria.
- Estudiar y determinar los diferentes tipos de sistemas de agitadores.
- Investigar y analizar los diferentes tipos de procesos de manufacturar que se pueden emplear para la obtención del mezclador.
- Examinar los diferentes tipos de flujos que se pueden generar considerando los diferentes tipos de sistemas de agitadores.
- Analizar los diferentes tipos de materiales con los que se puede obtener el mezclador.
- Aplicar un software de modelado 3D para diseñar cada una de las piezas que conformaran el mezclador a realizar.



4 CAPÍTULO: JUSTIFICACIÓN

Se diseñará y manufacturará un mezclador de paletas inclinadas donde este tipo de mezclador resulta ser el más óptimo y eficiente donde se pueden obtener mezclas homogéneas y heterogéneas.

Cabe señalar que este tipo de mezclador es uno de los más antiguos y conocidos obteniendo muy buenos resultados de mezclas y en algunas ocasiones manufacturarlo resulta ser un poco sencillo, donde para obtener este tipo de mezclador se debe de analizar y determinar los tipos de sistemas que agitadores que se pueden emplear, ya que cada sistema tiene sus características, ventajas y desventajas que dependiendo el tipo de flujo que se quiere obtener ya sea radial, axial o tangencial y el tipo de mezclador a obtener será el tipo de sistema a emplear.

Por otra parte, realizar el proceso de manufacturar que se aplicara para la obtención del mezclador es otro de los puntos importantes a considerar ya que teniendo analizado y determinado el tipo de sistema del agitador y el mezclador que se quiere obtener se determinara que proceso de manufactura será el más eficiente para obtener cada una de las pieza que conformaran el mezclador sin embargo otro punto a considerar es el tipo de material que se empleara ya que cada tipo de material tiene ventajas y desventajas donde se pudiera diseñar y manufacturar un mezclador de paletas inclina con una pésima eficiencia o incluso que no se realice la operación del mezclado, teniendo un mezclador inservible.



5 CAPÍTULO: DISEÑO DEL MEZCLADOR.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores se iniciará el diseño del mezclador de paletas inclinadas, donde este mezclador constara de 3 piezas principales conformadas por Tapa, Recipiente y Agitador, cabe destacar que las piezas principales están conformadas por otras piezas, de tal modo el mezclador tiene un total de 14 piezas que lo conforman tal y como se muestra en la Imagen 48, con respecto a la realización del diseño este se realizara en el software SolidWorks donde todas sus partes se harán con dimensiones en milímetros “mm”, cabe decir que para el proceso de manufactura de las piezas se tomara en cuenta su geometría, donde con ella influirá el tipo de proceso de manufactura a emplear, ya sea el de maquinado tradicional o por medio de control numérico computarizado, en la Imagen 49 se puede mostrar el mezclador de paletas inclinadas que se diseñara.

Por otra parte, fue importante determinar que el agitador del mezclador girará como máximo a 400 RPM de tal modo que no serán empleadas las placas deflectoras para alcanzar un buen mezclado.

- 1.- Recipiente del mezclador
- 2.- Anillo de seguridad
- 3.- Tapa del rodamiento
- 4.- Tornillo para la sujeción de la tapa del rodamiento
- 5.- Vástago roscado
- 6.- Opresor para la sujeción del vástago
- 7.- Acoplamiento
- 8.- Tapa del mezclador
- 9.- Opresor para la sujeción de ejes
- 10.- Rodamiento
- 11.- Cabeza de tornillo
- 12.- Paleta
- 13.- Cilindro pequeño
- 14.- Eje del mezclador

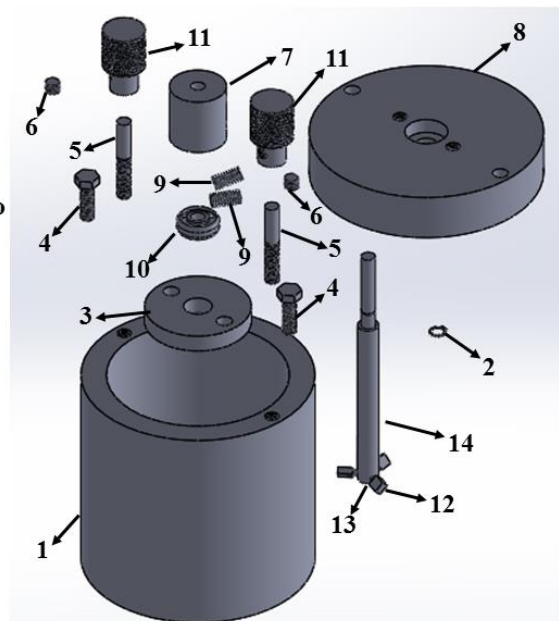


Imagen 48: Vista explosionada de todas las partes que conformara el mezclador de paletas inclinadas.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

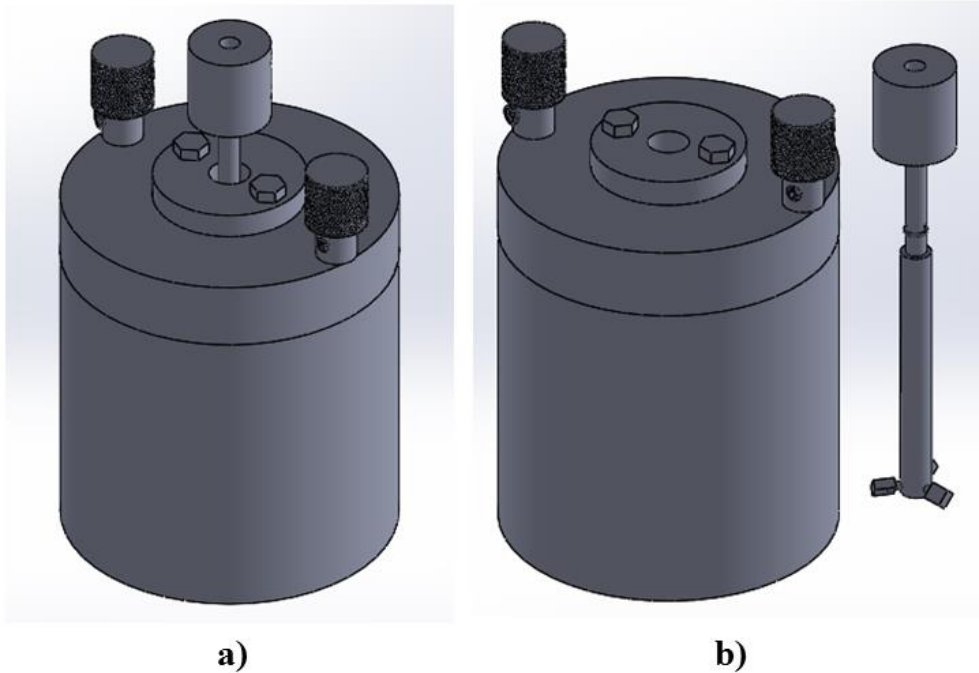


Imagen 49: Vista isométrica del mezclador de paletas inclinadas.

Así pues una vez seleccionado el tipo de mezclador que se diseñará y el material se empezará a diseñar cada una de las partes principales que conformaran el mezclador, donde tenemos los datos de entrada del recipiente tal y como se observa en la Imagen 50, ya que a partir de ahí se podrá realizar los cálculos correspondientes para obtener la geometría adecuada para el agitador.

5.1 Recipiente.

De tal manera en la Imagen 50a se muestra una la vista frontal del recipiente del mezclador, donde muestra cada una de dimensiones del recipiente cilíndrico con un diámetro externo de 103.38mm, un espesor de pared de 11.30mm, un diámetro interno de 80.78mm y una longitud de 101.18mm a utilizar para hacer los cálculos correspondientes a la geometría del agitador, también se realizaron dos barrenos con una profundidad de 19.15mm en la pared para posteriormente generar un roscado interno con el machuelo de 6.35mm paso 28 y poder unir el recipiente con la tapa. Cabe destacar que en la Imagen 50b se muestra una vista isométrica del recipiente del mezclador, en la que se muestra el recipiente de en su aspecto sólido.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

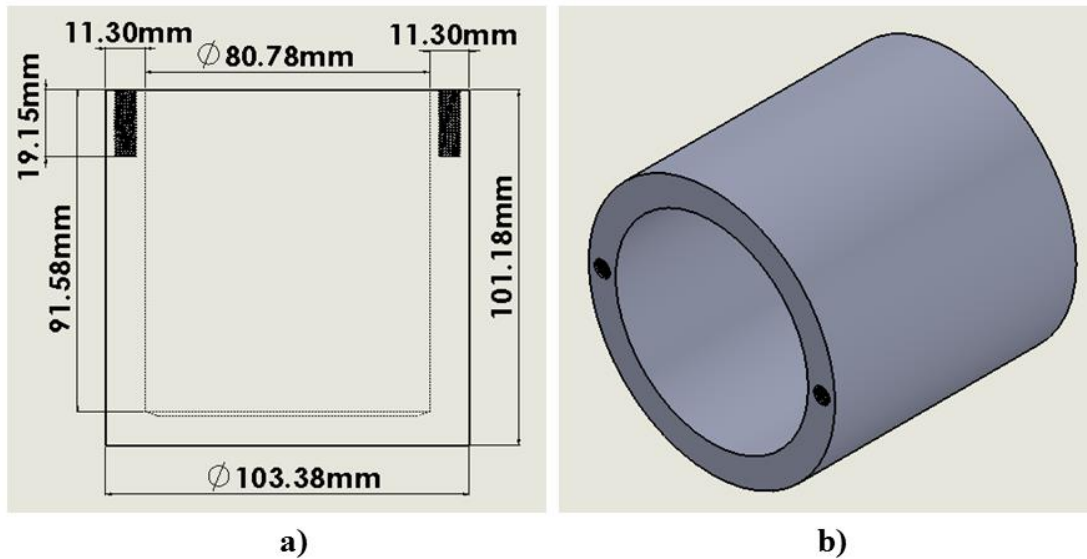


Imagen 50: a) Medidas del recipiente b) Vista isométrica del recipiente.

5.2 Agitador del mezclador.

De tal manera que se realizó el diseño del recipiente del mezclador se procedió a el diseño del agitador donde en base a las dimensiones del recipiente del mezclador, se procedió a realizar los calculo pertinentes los cuales tiene como parámetros más importantes a considerar como el diámetro interior (dt), altura (W) y largo (g) de las hélices sin olvidar la altura donde se posicionaran la hélices desde el fondo del recipiente (E) y el diámetro del impulsor (Da) tal y como se describe a continuación.

Asimismo se utilizaron los cálculos correspondientes para un sistema de agitación de turbina tal y como se muestra en la Imagen 19 y la Tabla 13, y por tanto se obtuvo la geometría del agitador con respecto a los parámetros de entrada del recipiente.

Para ello se consideró $dt = 80.78\text{mm}$ con el que se utilizó para determinar la distancia del fondo del recipiente a donde será ubicado el agitador mediante la relación

$$\frac{E}{dt} = 0.33\text{mm} \quad (1)$$

Con la que se obtuvo

$$E = 26.65\text{mm}$$



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Así mismo se calculará el diámetro del impulsor mediante la relación

$$\frac{Da}{dt} = 0.33mm \quad (2)$$

Por tanto, se obtuvo un diámetro de

$$Da = 26.65mm$$

Posteriormente se calculó la longitud de la paleta con la siguiente relación

$$\frac{g}{Da} = 0.25mm \quad (3)$$

Donde se obtuvo un largo de paleta de

$$g = 6.66mm$$

Luego se obtuvo la altura de la paleta mediante la relación de

$$\frac{W}{Da} = 0.2mm \quad (4)$$

Obteniendo una altura de paleta de

$$W = 5.33mm$$

Tabla 17: Dimensiones de la Paleta del agitador.

Altura donde se ubicará el agitador (E)	26.65mm
Diámetro del mezclador (Da)	26.65mm
Longitud del Mezclador (g)	6.66mm
Altura del Mezclador (W)	5.33mm
Ancho	3.18mm

Por consiguiente, se determinó que el proceso de manufactura del agitador, se distribuiría en 3 fracciones donde serían 3 paletas, 3 cilindros pequeños y un eje principal, a fin de que se pueda maquinar el agitador con base a los cálculos obtenidos para su óptimo desempeño.

De modo que en la Imagen 51 se muestra diseñada una de las paletas del agitador, donde en la Imagen 51c muestra una vista lateral de la paleta donde se tiene una longitud de la paleta



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

de 6.60mm, una altura de 5.33mm y un diámetro de 2.54mm donde será barrenado con una profundidad de 2.54mm que fungirá para unir la paleta a un cilindro pequeño. De modo que en la Imagen 51a muestra una vista isométrica de la paleta mostrando el barreno que se realizara y en la Imagen 51b muestra el ancho de la paleta de 3.18mm, así pues el diseño de la paleta fue realizado en base a las dimensiones descritas en la Tabla 17.

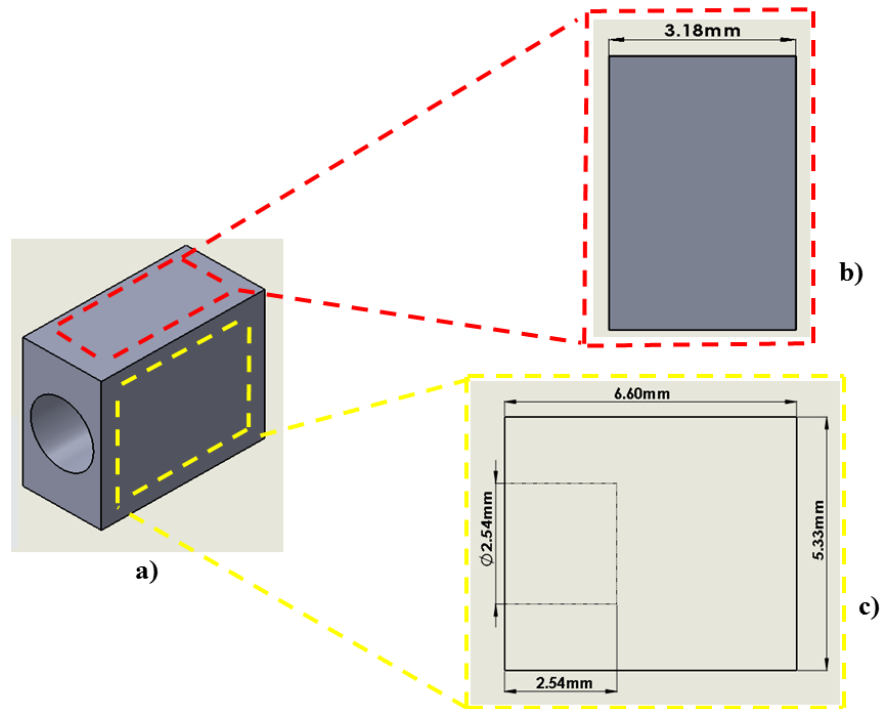


Imagen 51: a) Vista isométrica de las paletas del agitador, b) Vista superior de la paleta mostrando el ancho que nosotros le proporcionamos, c) Vista lateral de la paleta del agitador con sus medidas correspondientes.

Ahora bien, con respecto al cilindro pequeño que se diseñó, este fungirá para unir la paleta del agitador y el eje principal de agitador, de tal forma que se consideró para su diseño los cálculos que se obtuvieron en la Tabla 17, tomando en cuenta que el diámetro del agitador debe tener 26.65mm. Por tanto, se diseñó el eje pequeño con las siguientes dimensiones tal y como se muestra en la Imagen 52.

En la Imagen 52a muestra la longitud del cilindro pequeño de 7.11mm, Imagen 52b muestra el diámetro que tendrá de 2.54mm y por último en la Imagen 52c muestra una vista isométrica del cilindro pequeño.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

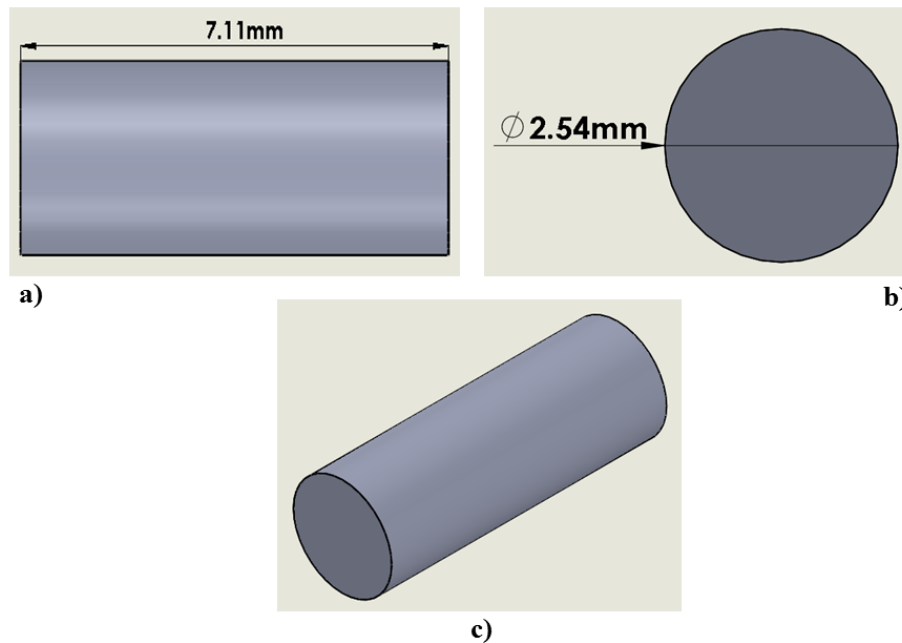


Imagen 52: a) Vista lateral del cilindro pequeño con su longitud, b) Vista frontal del cilindro pequeño mostrando su diámetro, c) Vista isométrica del cilindro pequeño.

A continuación se diseñó el eje principal del agitador donde este tendrá 2 diferentes diámetros tal y como se muestra en la Imagen 53, donde tendrá una longitud de 123.56mm, en donde el primer diámetro es de 9.53mm con un largo de 84.48mm y el segundo diámetro es de 6.35mm con una longitud de 38.76mm, en cuanto a la unión de las paletas al eje principal del agitador, en la parte inferior donde se encuentra el cilindro con mayor diámetro se realizaran 3 barrenos con un diámetro de 2.54mm y una profundidad de 2.37mm tal y como se muestra en la Imagen 54a e Imagen 54b, donde estos barrenos se harán a una altura de 2.54mm tal y como se muestra en la Imagen 53.

Cabe destacar que en la Imagen 53 se puede apreciar tiene un desbaste que forma una ranura de un largo de 0.66mm este será empleado para ser empleado un anillo de seguridad para que el eje quede fijo en la tapa del recipiente y pueda quedar a la altura de 26.65mm del recipiente tal y como fue calculado.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

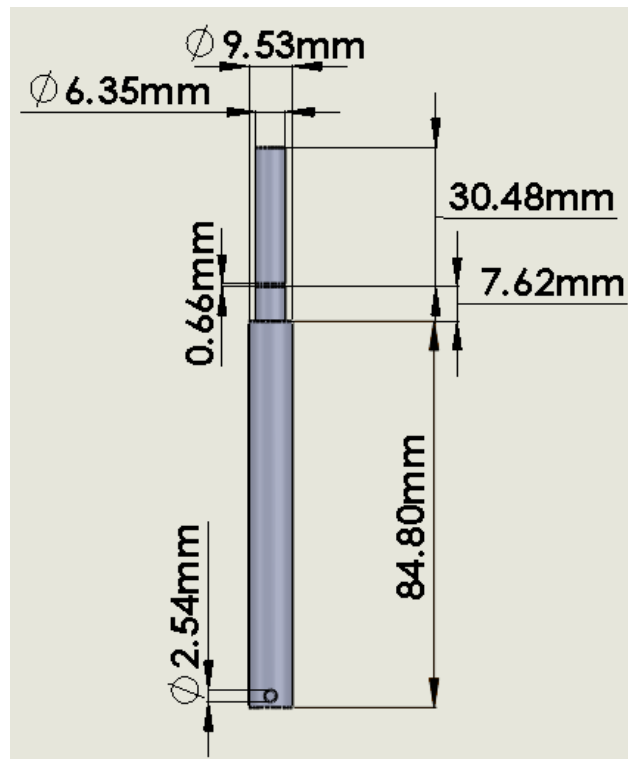


Imagen 53: Dimensiones del eje principal de agitador.

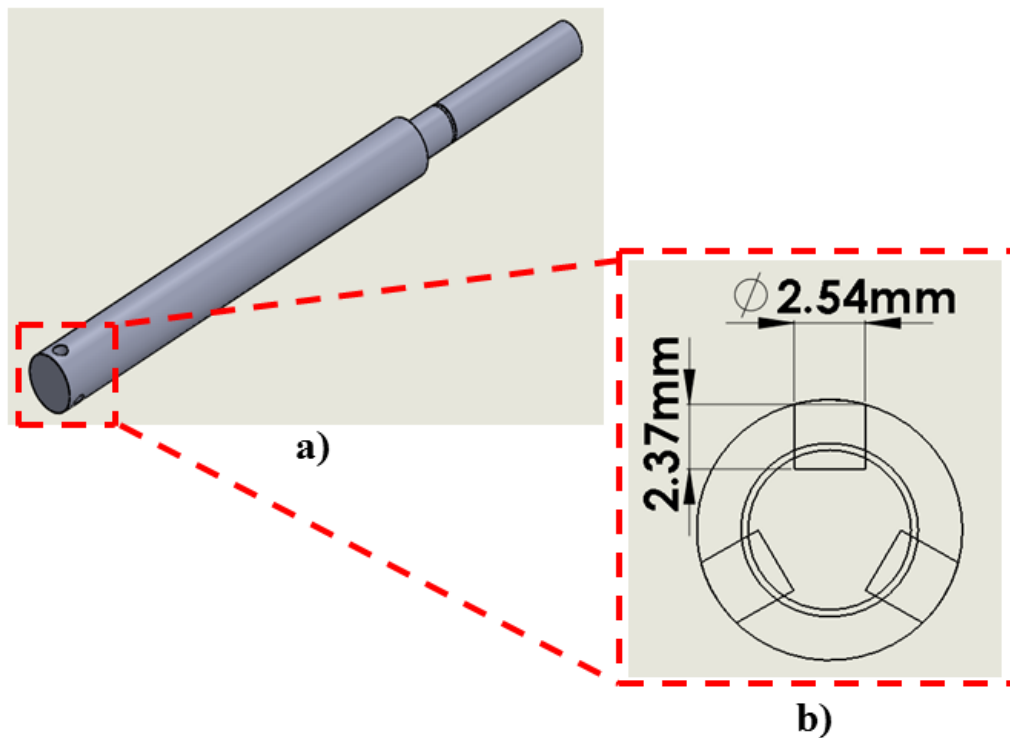


Imagen 54: a) Vista isométrica del agitador, b) Dimensiones de los barrenos para unir las paletas al agitador.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Una vez teniendo diseñada las 3 partes que conformaran el agitador tal y como se muestra en la Imagen 55, donde en la Imagen 55a se puede observar el agitador con todas sus partes que lo conforman tales como los 3 cilindros pequeños y las 3 paletas, en la Imagen 55b muestra más de cerca como está unido el cilindro pequeño con la paleta, y para finalizar en la Imagen 55c se muestra la vista isométrica del cilindro pequeño e Imagen 55d se muestra la vista isométrica de la paleta.

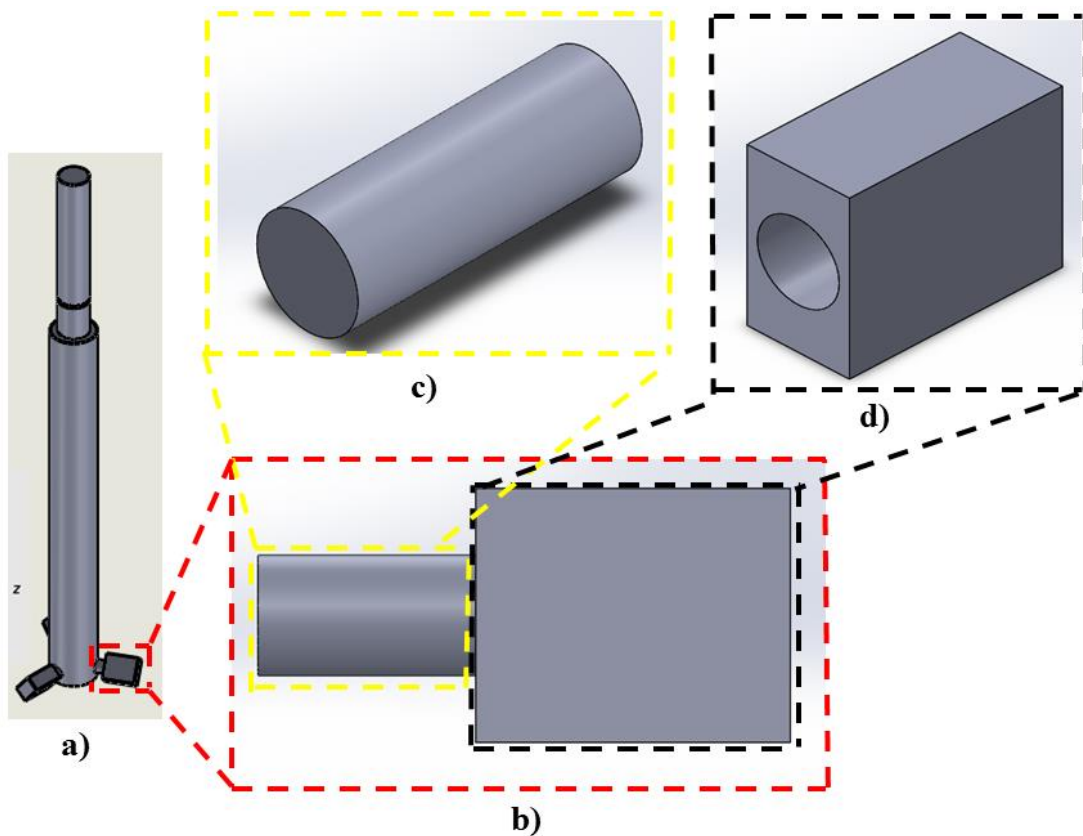


Imagen 55: a) Agitador ensamblado y mostrando todas sus piezas que la conforman, b) Acercamiento a las paletas con el cilindro unidos, c) Vista isométrica del cilindro pequeño del agitador, d) Vista isométrica de la Paleta del agitador.

5.3 Tapa.

De tal manera que se obtuvo diseñado 2 de las partes más importantes del mezclador que son el agitador y el recipiente del mezclador, se procedió a realizar el diseño de la tapa, donde se tiene previsto colocar en la tapa del mezclador un rodamiento de bolas rígidas concéntrico tal y como se muestra en la Imagen 56 donde este tendrá un diámetro externo de 19.05mm y



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

un diámetro interno de 6.35mm, el espesor de pared que tiene entre el diámetro interior y las bolas será de 1.78mm tal y como se muestra en la Imagen 56a, el número de bolas y su diámetro en este caso depende del tipo de proveedor del rodamiento, así pues en la Imagen 56b se muestra el espesor que tendrá el rodamiento que será de 7.11mm, el número de bolas en este caso depende de la marca del rodamiento.

Cabe destacar que es importante tomar en cuenta el rodamiento el cual fungirá como guía entre el eje del agitador y el centro de la tapa para evitar momento flexionante en el agitador, evitar concentradores de esfuerzo y la ruptura prematura del eje del agitador.

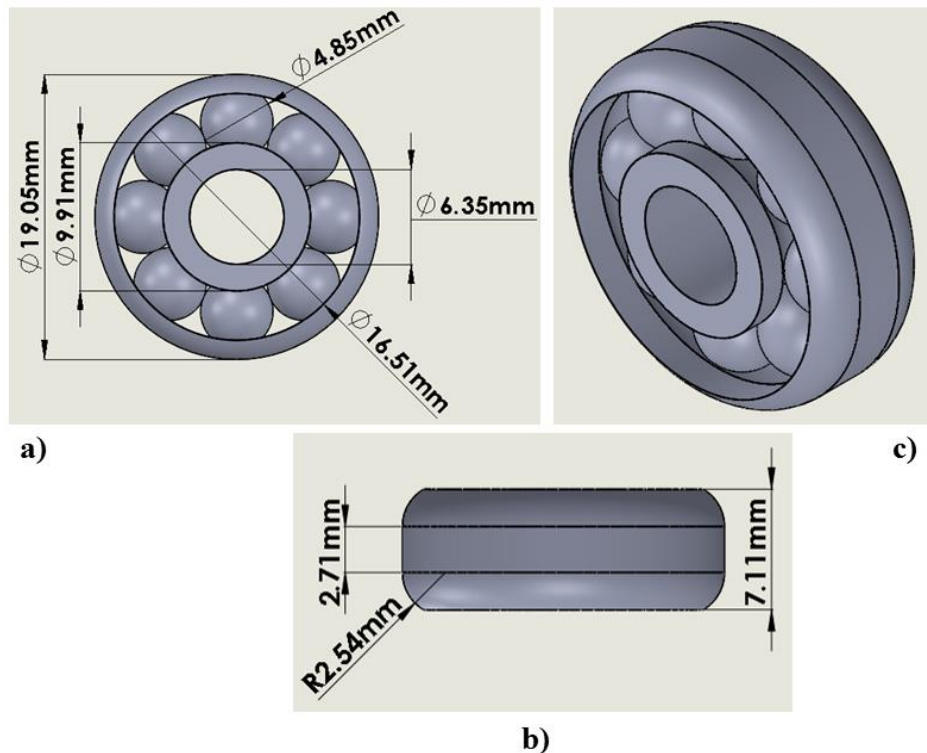


Imagen 56 : a) Vista frontal del rodamiento de bolas rígidas con sus dimensiones, b) Vista lateral del rodamiento mostrando su espesor, c) Vista isométrica del rodamiento.

Con respecto a la geometría que debe de tener la tapa del mezclador, esta tendrá un diámetro de 103.64mm, donde tendrá 2 barrenos en los extremos una distancia desde el centro de la tapa al centro del barreno de 46.16mm y atravesaran toda la tapa donde tendrá un diámetro de 6.86mm y fungirán para mantener cerrado el mezclador. También se realizarán otros 2 barrenos donde estos tendrán una distancia del centro de la tapa al centro del barreno de 16.56mm donde se realizará primero un barreno de 5.05mm y una profundidad de 18.57mm



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

seguidamente se empleará un machuelo de 6.35mm con paso de cuerda 20 donde se generara una cuerda interna y de tal modo esto fungirán para colocar la tapa del rodamiento tal y como se muestra en la Imagen 57b.

Con respecto al centro de la tapa se realizará un barreno que atravessara la tapa con un diámetro de 9.78mm este diámetro fungirá para que el eje del agitador pueda ser colocado, también se realizó otro barreno en el centro de la tapa de un diámetro de 19.05mm y una profundidad de 7.11mm este se empleara para colocar el rodamiento de bolas rígidas que fue diseñada en la Imagen 56.

Recapitulando las dimensiones de la tapa, se tiene que el espesor de la tapa tiene 22.30mm, otro punto importante fue que se realizó una pestaña en la tapa con diámetro de 80.77mm y un espesor de la pestaña de 3.30mm tal y como se muestra en la Imagen 57b.

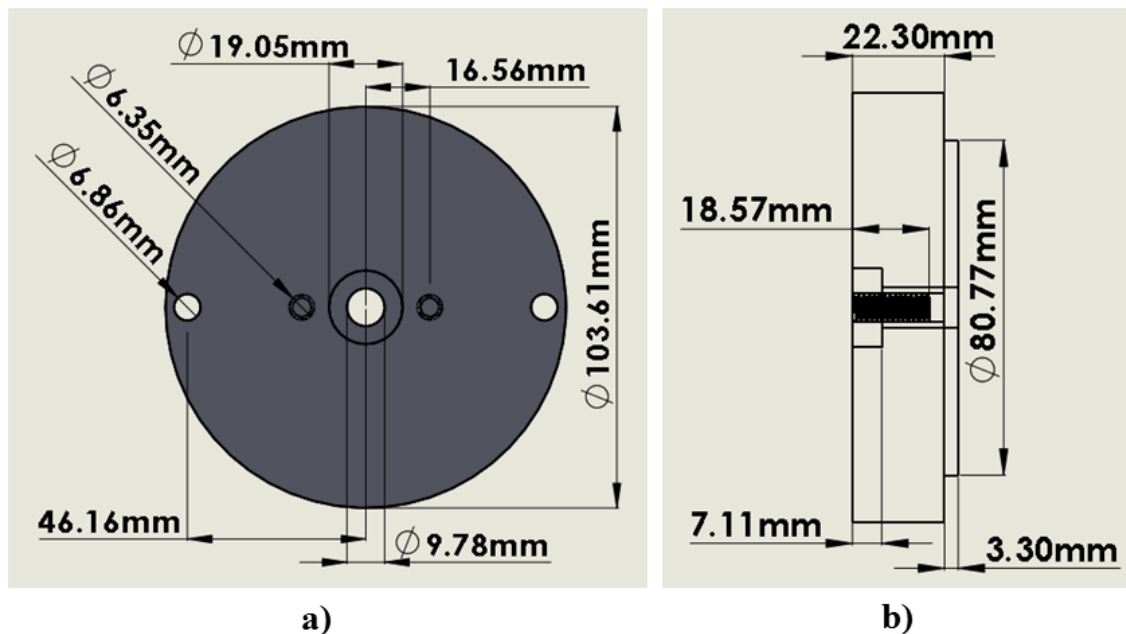


Imagen 57: a) Vista frontal de la tapa del mezclador, b) Vista lateral de la tapa del mezclador.

Una vez teniendo diseñada la tapa y el rodamiento de bolas rígidas se diseñó una tapa para el rodamiento donde esta será empleado para mantener el rodamiento de bolas rígidos estático en la tapa del mezclador, esta tapa tendrá un diámetro de 47.21mm y en el centro de la tapa se barrenará toda la tapa con un diámetro de 12.70mm, posteriormente se realizaran otros 2 barrenos con un el diámetro de 7.06mm a una distancia del centro del pieza al centro del



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

barreno con una distancia de 16.56mm tal y como se muestra en la Imagen 58a otra dimensión que tenemos de la tapa del rodamiento es su espesor donde esta tendrá un espesor de 8.24mm tal y como se observa en la Imagen 58b.

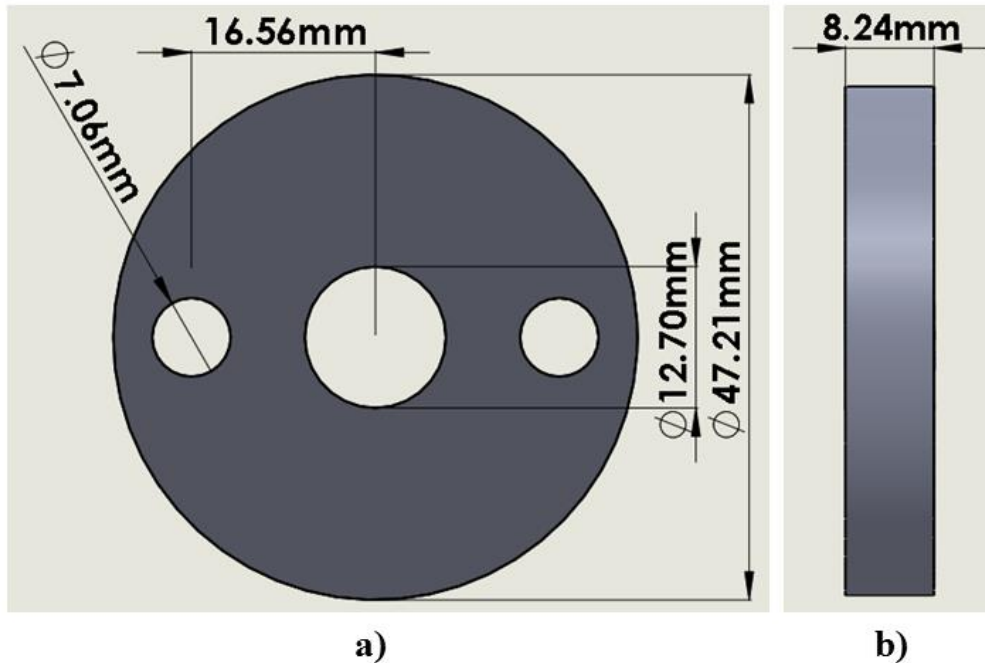


Imagen 58: a) Vista frontal de la tapa del rodamiento, b) vista lateral de la tapa del rodamiento.

Con respecto a la sujeción de la tapa del rodamiento a la tapa del mezclador se emplearán tuercas con cabeza hexagonal tal y como se muestra en la Imagen 59, donde estas tendrán una longitud de 23.04mm y un diámetro de 6.12mm tal y como se muestra en la Imagen 59a e Imagen 59b donde tendrá un roscado externo con un paso de cuerda de 20.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

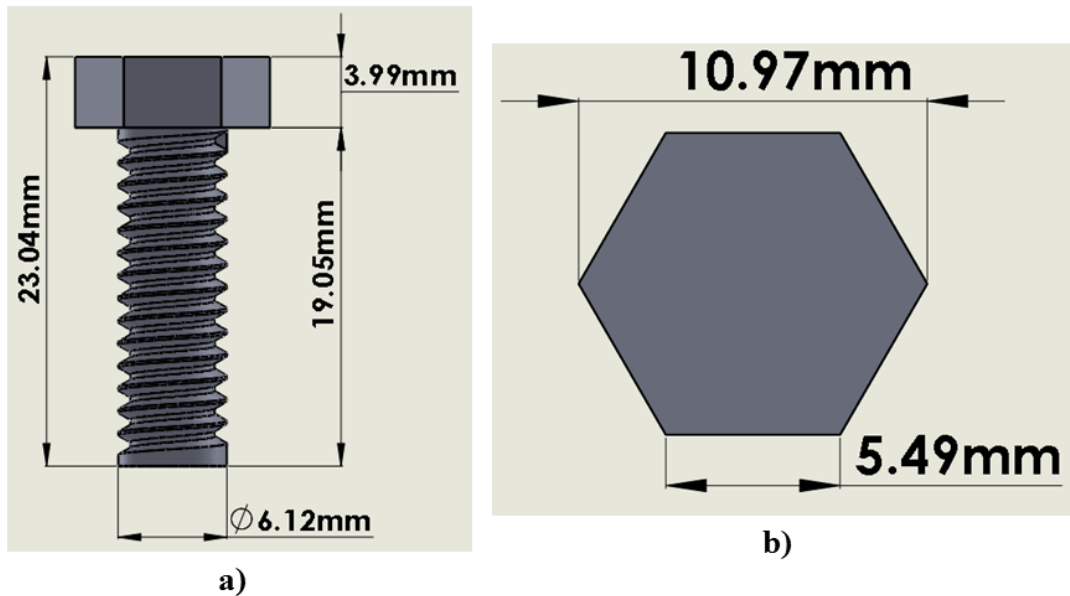


Imagen 59 : a) Vista frontal del tornillo a utilizar para sujetar la tapa del rodamiento, b) Vista superior del tornillo.

Una vez teniendo las 4 partes que conforman la tapa del mezclador, se realizó el ensamble de las piezas, dando como producto la pieza diseñada de la tapa tal y como se muestra en la Imagen 60, donde se puede apreciar la tapa del recipiente, los tornillos, la tapa del rodamiento y el rodamiento de bolas rígidas.

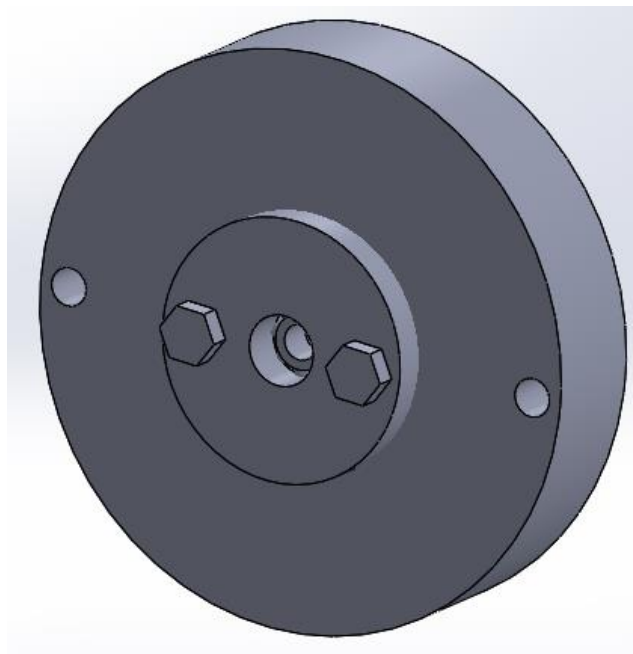


Imagen 60: Tapa del mezclador ensamblada con todas sus partes.



5.4 Acoplamiento.

Ahora bien para poder transmitir la energía del eje del motor al eje principal del agitador y este a su vez pueda girar se tuvo que diseñar un acoplamiento que fungirá para que el eje del motor y el eje del mezclador se vinculen y pueda el mezclador realizar su trabajo sin fallas o interferencias, para ello se diseñó el siguiente acoplamiento que tiene una forma cilíndrica con un largo de 27.94mm y un diámetro de 25.27mm tal y como se muestra en la Imagen 61a e Imagen 61d, tendrá 2 barrenos con respecto a su longitud del cilindro teniendo diámetro de 6.35mm y una profundidad de 10.41mm y donde tendrán una distancia entre ellos de 13.94mm tal y como se muestra en la Imagen 61d e Imagen 61b cabe destacar que estos barrenos se les realizara una roscado interno con un machuelo, donde primeramente se le realizara un barreno con un diámetro de 5.05mm y posteriormente se realizara un roscado interno con un machuelo de 6.35mm con paso de cuerda 20 donde al realizar esa operación pueda implementarse opresores para unir los 2 ejes, seguido de esto la longitud del cilindro se realizara otro barreno de 6.35mm de diámetro donde atravesara todo el cuerpo del cilindro y de ese modo entraran los 2 ejes tal y como se muestra en la Imagen 61a e Imagen 61c.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

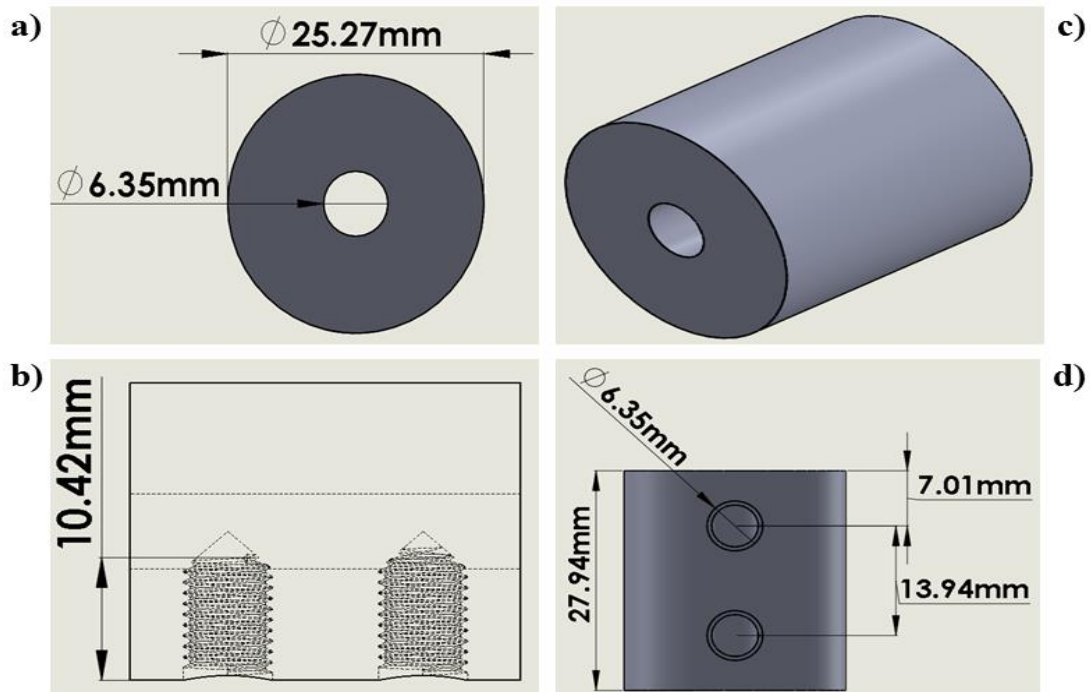


Imagen 61: a) Diámetro del acoplamiento y el diámetro del barreno que atravesará el cuerpo del cilindro, b) Profundidad que se le dará con el machuelo para utilizar los opresores, c) Vista isométrica del acoplamiento, d) Acoplamiento de forma cilíndrica mostrando su longitud y el diámetro del barreno.

5.5 Cabeza de Tornillos.

Para continuar con el diseño se optó por diseñar estas 2 cabezas de tornillos, que fungirán para mantener el mezclador cerrado, ya que en el diseño del recipiente y tapa del mezclador se argumentó que se realizaría un roscado interno que se hicieron para mantener cerrado el mezclador de tal manera fue diseñada la cabeza de los tornillos utilizando aluminio donde se manufacturaran 2 piezas iguales teniendo una forma cilíndrica donde estos tendrán un largo total de 32.26mm, pero tendrá 2 diámetros y 2 largos diferentes tal y como se muestra en la Imagen 62, donde un diámetro es de 12.70mm con un largo de 12.70mm y el otro es de un diámetro de 18.24mm y un largo de 19.56mm.

En el cilindro más pequeño de diámetro de 12.70mm en el centro del cuerpo del cilindro se hará un barreno con una profundidad de 3.19mm con un diámetro de 5.0mm posteriormente se utiliza un machuelo de M6 X 1.0 para genera una cuerda interna donde este fungirá para sujetar el vástago roscado con un opresor.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

De igual manera en la cara del cilindro de 12.70mm se hará un barreno de 6.35mm de diámetro y 12mm de profundidad, en donde ira insertado el vástago roscado que será detenido por un opresor, ver Imagen 62a e Imagen 62b.

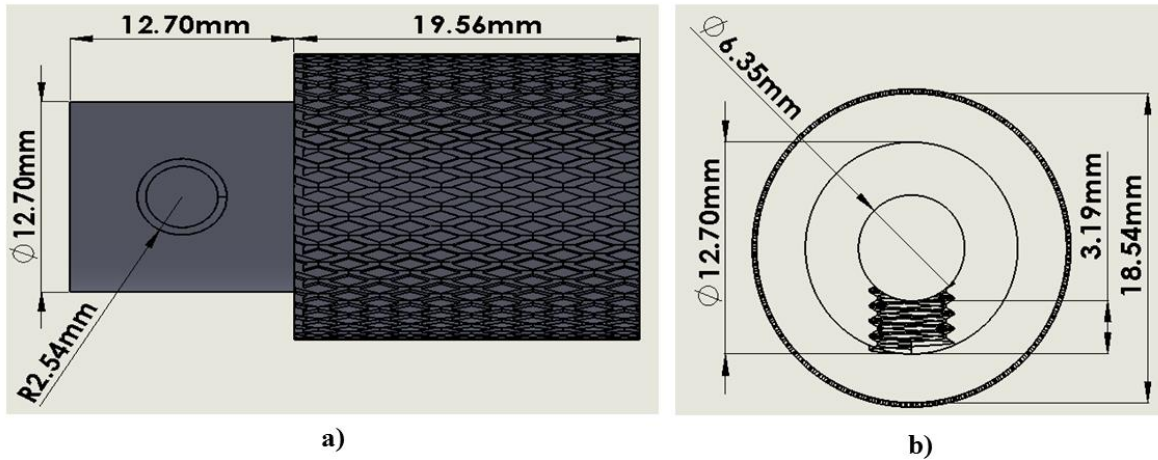


Imagen 62: a) Vista lateral de las cabezas de los tornillos, b) Medidas frontal de la cabeza del tornillo.

Ahora bien, para poder tener un mejor agarre en la superficie de la cabeza del tornillo se utilizará la operación de moleteado para así poder cerrar y abrir el recipiente más fácil, este proceso fue realizado en el cilindro de 18.54mm de diámetro y 19.56mm de largo. En la Imagen 63a se puede observar la cabeza de los tornillos con una vista isométrica mostrando también el otro barreno que fungirá para ser colocado vástago roscado y en la Imagen 63b se puede observar el cómo quedara la pieza al realizar la operación del moleteado.

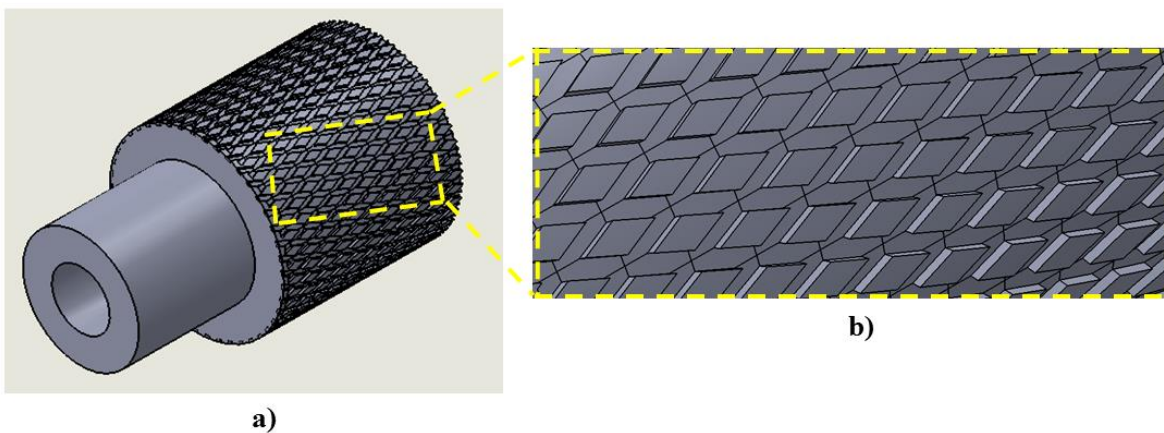


Imagen 63: a) Vista isométrica de la cabeza del tornillo, b) Operación del moleteado realizada en la cabeza de los tornillos para poder tener un mejor agarre.



5.6 Opresor para el acoplamiento.

De acuerdo al diseño del acoplamiento que fungirá para unir el eje del motor y de agitador, es necesario emplear 2 opresores para poder mantener los ejes unidos y poder evitar deflexiones o alguna ruptura en los ejes.

Estos opresores tienen una longitud de 12.70mm y tienen un roscado externo de 6.35mm con un paso de cuerda 20 tendrán una cabeza hexagonal interna, y tendrán un diámetro los opresores de 6.35mm tal y como se puede observar en la Imagen 64a, Imagen 64b e Imagen 64c.

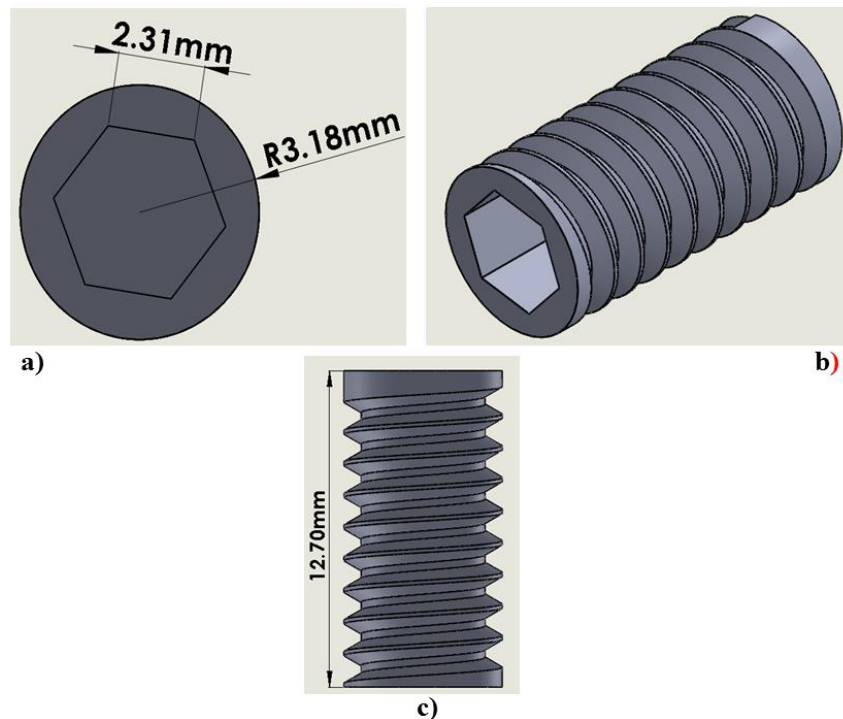


Imagen 64: a) Vista superior del opresor con cabeza hexagonal interna, b) Vista isométrica del opresor, c) Vista lateral del opresor mostrando su longitud.

5.7 Opresores para cabeza de tornillos

De la misma manera que fueron empleados opresores para sujetar los ejes del agitador y el motor, también serán empleados opresores para sujetar el vástago roscado en la cabeza de los tornillos como se aclaró en el diseño de las cabezas de los tornillos ya que se realizó un roscado interno.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Estos opresores tendrán un largo de 5.08mm, donde tendrán un diámetro de 6.35mm y de igual forma que los opresores empleados para la sujeción de los ejes, estos también tendrán cabeza hexagonal interna teniendo un roscado externo de 6.35mm paso 20 tal y como se puede muestra en la Imagen 65a, Imagen 65b e Imagen 65c.

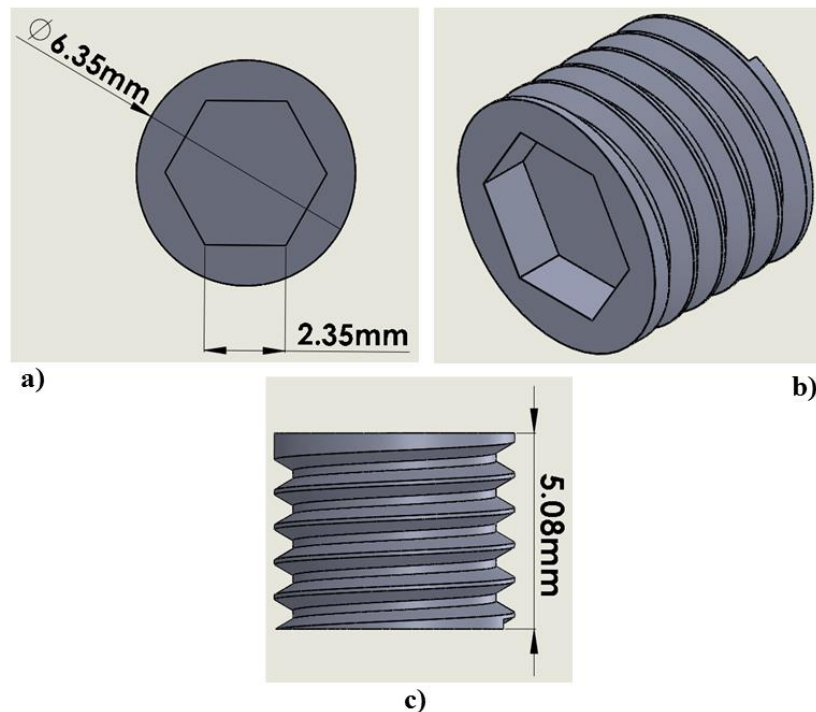


Imagen 65: a) Vista superior del opresor con cabeza hexagonal interna, b) Vista isométrica del opresor, c) Vista lateral del opresor mostrando su longitud.

5.8 Vástago roscado.

Puesto que se diseñó las cabezas de los tornillos, se iniciará con el diseño del vástago roscado que se empleara para mantener cerrado el mezclador, cabe destacar que en el diseño del recipiente se realizó el roscado interno en la pared del recipiente donde este fue de 6.35mm con un paso de cuerda de 28.

El cuerpo del vástago roscado tendrá una longitud de 41.11mm con un diámetro de 6.35mm tal como se muestra en la Imagen 66a, donde también el vástago tiene un roscado externo con un paso de cuerda de 28, teniendo una longitud de roscado de 22.11mm; estas dimensiones se pueden apreciar en la Imagen 66a e Imagen 66b.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

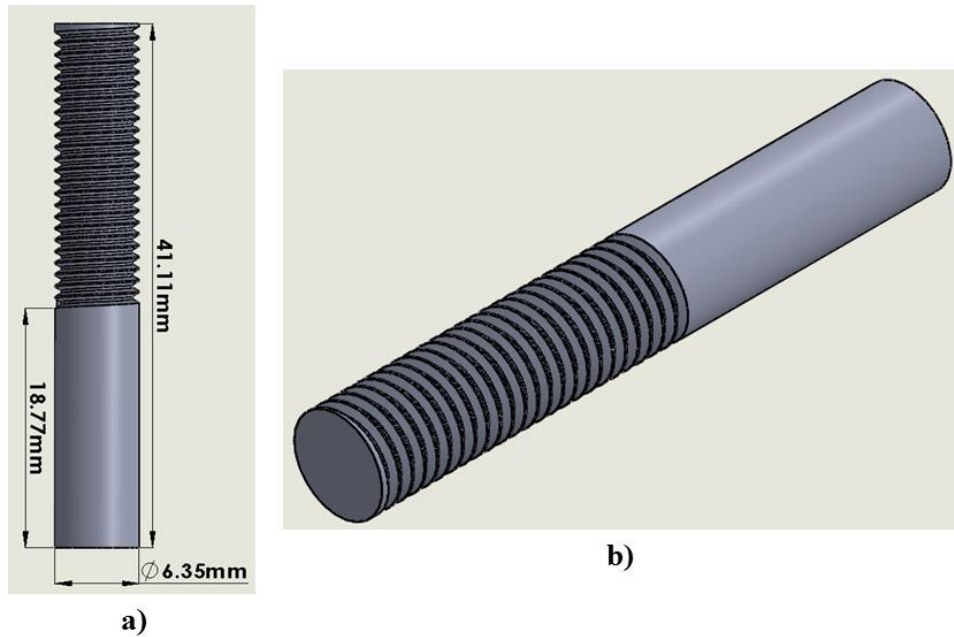


Imagen 66: a) Vista lateral del tornillo mostrando la longitud y el diámetro, b) Vista isométrica del tornillo.

5.9 Anillo de seguridad

Ahora bien, para finalizar con el diseño se realizó la última pieza empleada para el mezclador, donde esta pieza se planteó en la realización del diseño del agitador, donde esta fungirá para mantener el eje del agitador a la altura adecuada para que pueda realizar un buen mezclado.

Este anillo tiene un espesor de 0.66mm y un largo de 8.16mm tal y como se muestra en la Imagen 67c, este anillo tiene un diámetro interno de 5.84mm y un diámetro externo de 7.36mm tal y como se muestra en la Imagen 67a.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

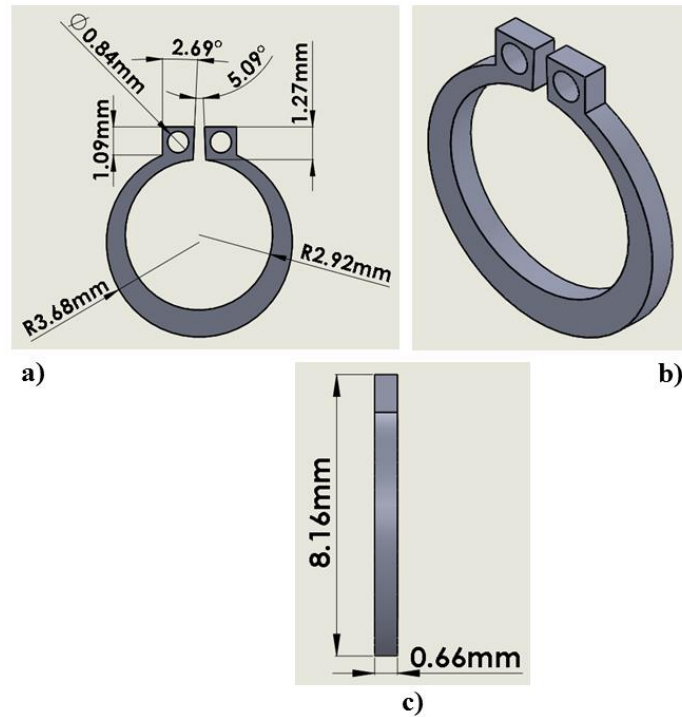


Imagen 67: a) Vista frontal del anillo de seguridad, b) Vista isométrica del anillo de seguridad, c) Vista lateral del anillo de seguridad.

Una vez teniendo diseñada cada uno de las partes del mezclador de paletas inclinadas se tiene que son un total 14 piezas que lo conforman, de las cuales se puede resumir en 3 piezas principales que son, recipiente, agitador y tapa.

Sin embargo, hay otras piezas que forman parte de las piezas principales, donde a continuación se muestra una lista de todas las partes que conforman el mezclador. Ver Imagen 68.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

1. Recipiente
2. Anillo de seguridad
3. Tapa del rodamiento
4. Tornillo para la sujeción de la tapa del rodamiento
5. Vástago roscado
6. Opresor para la sujeción del vástago del vástago
7. Tapa del rodamiento
8. Acoplamiento
9. Tapa del mezclador
10. Rodamiento
11. Cabeza de tornillos
12. Paleta
13. Cilindro pequeño
14. Eje del mezclador

- 1.- Recipiente del mezclador
- 2.- Anillo de seguridad
- 3.- Tapa del rodamiento
- 4.- Tornillo para la sujeción de la tapa del rodamiento
- 5.- Vástago roscado
- 6.- Opresor para la sujeción del vástago
- 7.- Acoplamiento
- 8.- Tapa del mezclador
- 9.- Opresor para la sujeción de ejes
- 10.- Rodamiento
- 11.- Cabeza de tornillo
- 12.- Paleta
- 13.- Cilindro pequeño
- 14.- Eje del mezclador

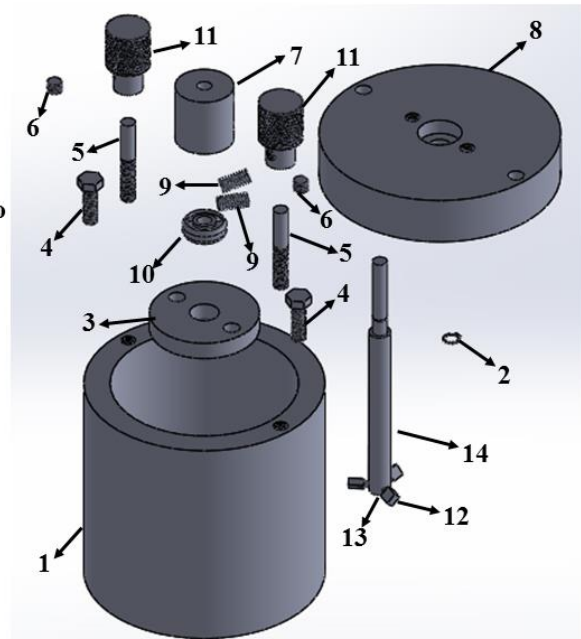


Imagen 68: Vista explosionada de todas las piezas que conforman el mezclador de paletas inclinadas.



6 CAPÍTULO: PROCESO DE MANUFACTURA.

Después de lo anterior expuesto del diseño de cada una de las partes que conforman el mezclador se precedió a iniciar con el proceso de manufactura, donde con anterioridad se determinó que el proceso de remoción de material (Torneado convencional, Fresado convencional y Taladrado) y control número computarizado (Torneado CNC y Fresado CNC) serán los adecuados para realizar cada una de las piezas que conforma el mezclador.

De tal modo que el proceso de manufactura se dividirá en 3 etapas, donde estas etapas conforman las 3 partes principales del mezclador. De la misma manera que se examinaron los diferentes tipos de procesos de manufactura, de la misma manera se examinara la velocidad de corte respectivamente del material con el que se trabajara, es decir el Nylamid donde la siguiente tabla muestra la velocidad de remoción de material en los 4 tipos de procesos de maquinados que se utilizarán para su elaboración.

Tabla 18: Velocidad de corte de Nylamid según la operación.

OPERACIÓN	BARRENADO	TORNEADO	FRESADO	ASERRADO
Velocidad de corte mt/min	120	100-180	1000	100-200
Velocidad de corte pres/min	394	328-590	3280	328-856
Angulo de salida	10	10	25	20
Angulo de inclinación	10	10 - 45	15	20

6.1 Recipiente.

Iniciando con el proceso de manufactura del mezclador se empezó con el recipiente del mezclador donde se compró un cilindro de Nylamid de un diámetro de 114.3mm y de largo 609.6mm tal y como se muestra en la Imagen 69a para que se puedan hacer todas las partes que conforman al mezclador, utilizando una sierra de cinta se realizó un corte al cilindro y a



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

partir de este corte se obtuvo un cilindro de Nylamid de un diámetro de 114.3mm con una longitud de 152.4mm tal y como se observa en la Imagen 69b.

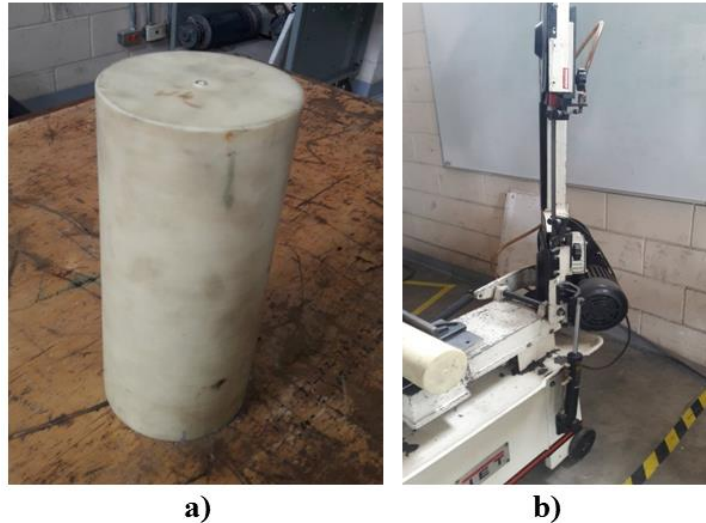


Imagen 69: a) Nylamid con diámetro de 114.3 mm y 609.3mm de longitud, b) Utilizando la sierra para poder obtener un cilindro de 114.3mm de diámetro y 152mm de largo.

Ya que se tenía el cilindro de 152.4mm de longitud y con diámetro de 114.3mm se procedió al maquinado donde se inició a alinear y centrar el cilindro para poder rectificar la cara del cilindro.

Posteriormente se empleó el indicador centro para obtener el centro del cilindro tal y como se muestra en la Imagen 70a y una vez teniendo el centro del cilindro se procedió a utilizar la broca de centro y después utilizar una broca de filos múltiples de 12.7mm para poder barrenar tal y como se muestra en la Imagen 70b.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

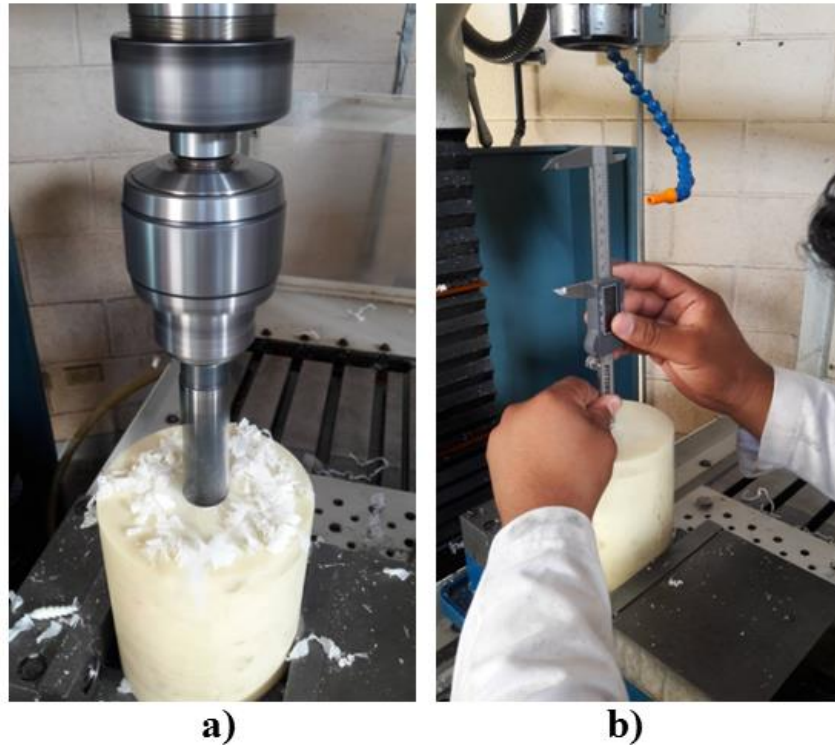


Imagen 71: a) Barrenado de aproximadamente 25.4 mm, b) Verificación de la medida interna.

Una vez que se obtuvo la medida barrenada de 25.4mm de diámetro se realizó el programa en el torno CNC con las medidas que fue diseñado el cilindro del mezclador para posteriormente hacer una simulación tal y como se muestra en la Imagen 72a para confirmar que el programa no tuviera fallas y de ese modo iniciar con la operación del cilindrado interno realizando la remoción de material interno tal y como se muestra en la Imagen 72b e Imagen 72c donde tiene que quedar una profundidad de 91.44mm con un diámetro de 80.77mm.

Cabe decir que el proceso de cilindrado interno se demoró ya que la viruta del material se llegaba a quedar atrapada dentro del recipiente haciendo que el proceso fuese más tardado de lo esperado e interrumpiendo en algunas ocasiones la operación para poder quitar bien la viruta que quedaba atrapada dentro del recipiente.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

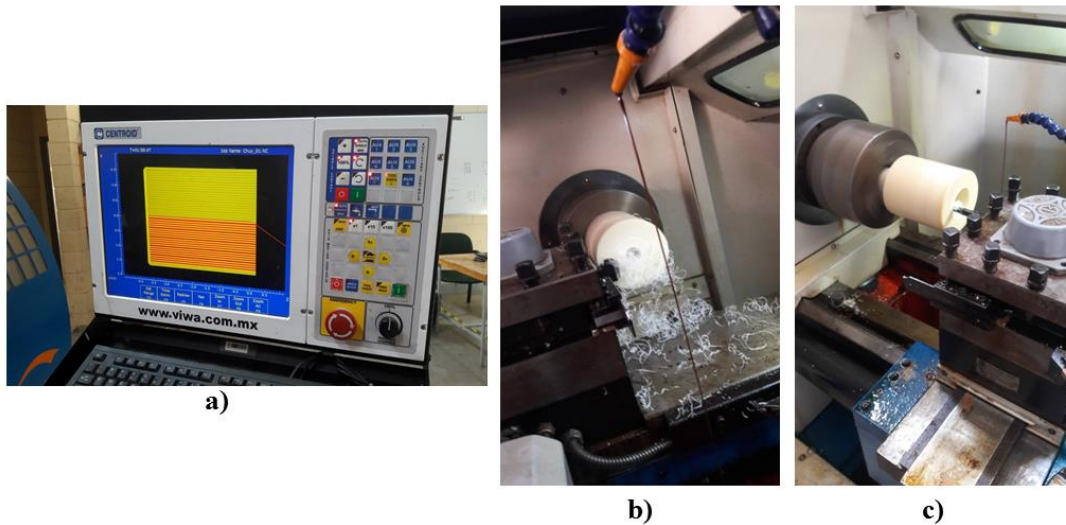


Imagen 72: a) Realizando el programa para obtener el recipiente a partir del cilindro cortado, b) Inicio del Barrenado interno, c) Tomando forma el cilindro para que sea el recipiente.

Ahora bien, el proceso de cilindrado interno del cilindro se concluyó donde se dejó un diámetro interno de aproximadamente 80.77mm tal y como se muestra en la Imagen 73a.

En cuanto el proceso de cilindrado interno culminó se obtuvo la siguiente pieza que se muestra en la Imagen 73b, cabe destacar que para tener finalizada la pieza del recipiente este se montó al torno convencional, para dejar el recipiente con las medidas diseñadas.

Por tanto, el cilindro quedó con las medidas de un diámetro interno de 80.77mm y un diámetro externo de 103.37mm teniendo una longitud de 101.18mm tal y como se muestra en la Imagen 73c.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

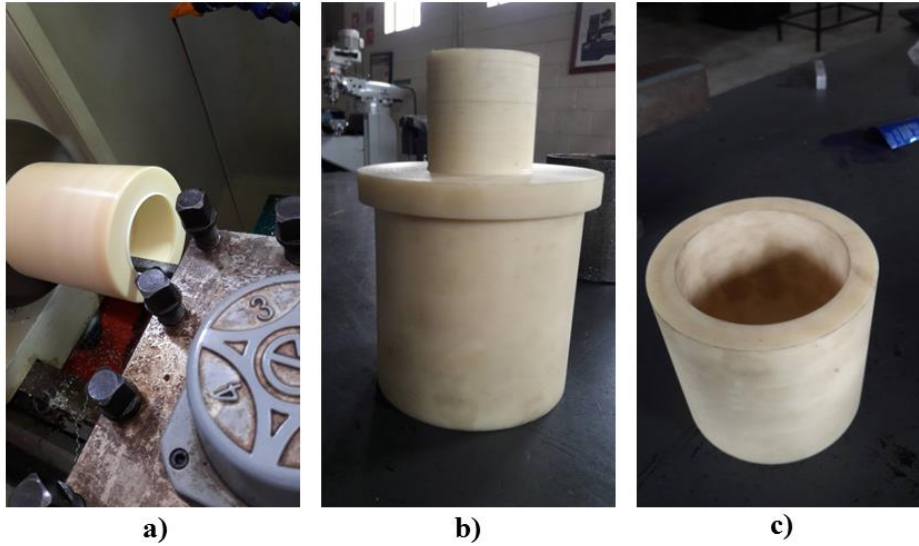


Imagen 73: a) Proceso de cilindrado interno a punto de culminar, b) Cilindrado interno terminado, c) Recipiente del mezclador sin los barrenos.

Por otra parte, se analizó que, para mantener el recipiente cerrado, se le realizarían 2 barrenos que funcionarían para posteriormente generar un roscado interno con unos machuelos y se pueda utilizar 2 tornillos de tal modo que el recipiente se mantendría cerrado y sin riesgo a contaminar el producto. De tal manera para iniciar, se procedió a poner el recipiente en la fresadora CNC para buscar el centro de la pieza con el indicador de centro tal y como se muestra en la Imagen 74a.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

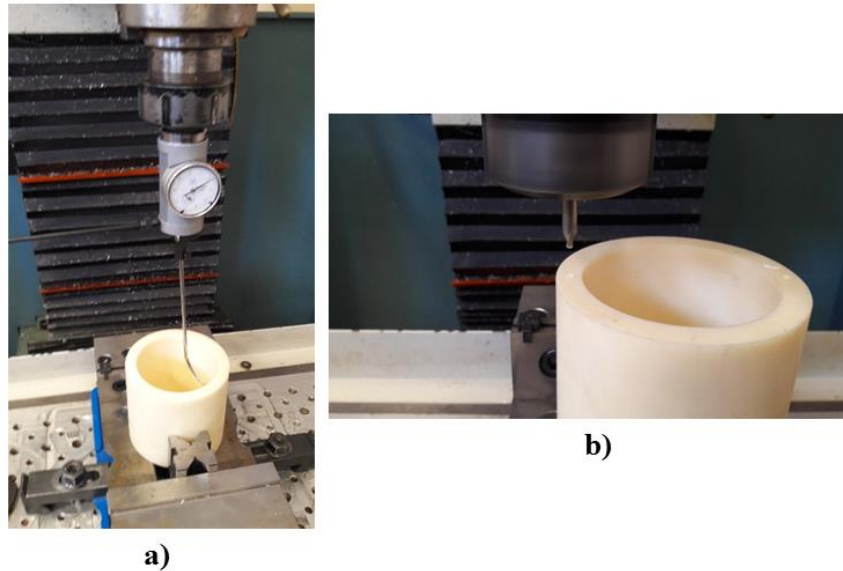


Imagen 74: a) Buscando el centro del recipiente en la fresadora CNC, b) Iniciando con el barrenado con la broca de centro.

Una vez encontrado el centro del recipiente se empezó a realizar el barrenado para generar la cuerda donde nos desplazamos en el eje de la “x” positivo la distancia de 46.04mm positivo y con la broca de centro barrenamos una profundidad de aproximadamente 2.54mm y posteriormente se realizó la misma operación pero desplazando la broca a 46.04mm en el eje de las “x” negativo, tal y como se muestra en la Imagen 74b y una vez realizado las 2 operaciones se cambió la broca usando una broca de 5.41mm de diámetro y se barrenó en la misma distancia con una profundidad de 19.15mm tal y como se muestra en la Imagen 75a.

De tal manera que se obtuvieron los barrenados en el cilindro se empleó el maneral y el machuelo de 6.35mm con un paso de cuerda 28 tal y como se muestra en la Imagen 75b y se realizó el roscado interno que fungirá para emplear los tornillos y mantener cerrado el mezclador como se analizó anteriormente.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

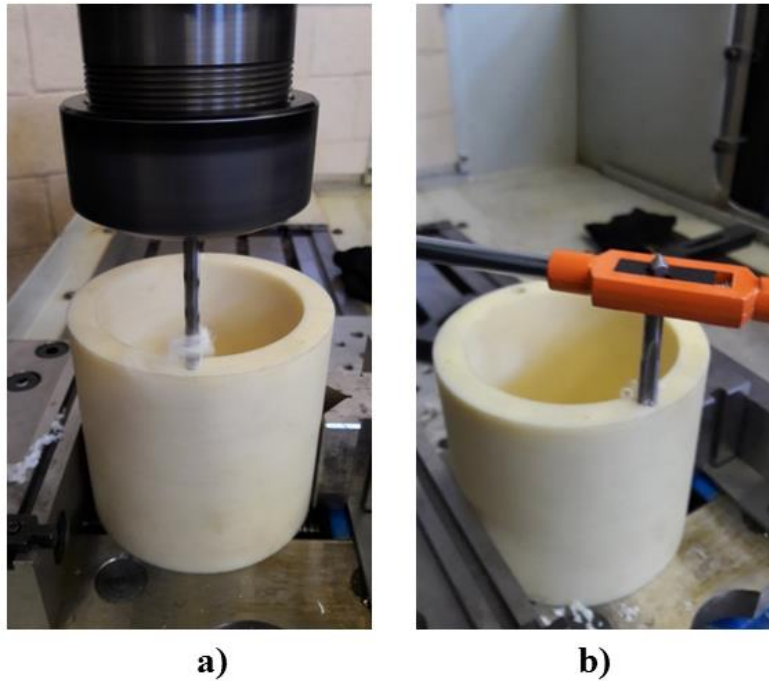


Imagen 75: a) Realizando el barrenado en el recipiente, b) Generando la cuerda con el machuelo y el maneral.

Como resultado de generar el roscado interno con un machuelo se utilizará un tornillo de 6.35mm con paso de cuerda 28 donde se presentó en el recipiente del mezclador el tornillo para observar que la cuerda quedo generada correctamente y se mantendrá el recipiente cerrado tal y como se observa en la Imagen 76.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



Imagen 76: Presentando el tornillo en la cuerda que se realizó.

Una vez que se obtuvo la primera pieza del mezclador quedo maquinada se puede observar que la pieza tiene las mismas a las características y dimensiones descritas conforme al diseño que se realizó de tal manera que se tendría como culminada uno de las partes principales del mezclador tal y como se muestra en la Imagen 77.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

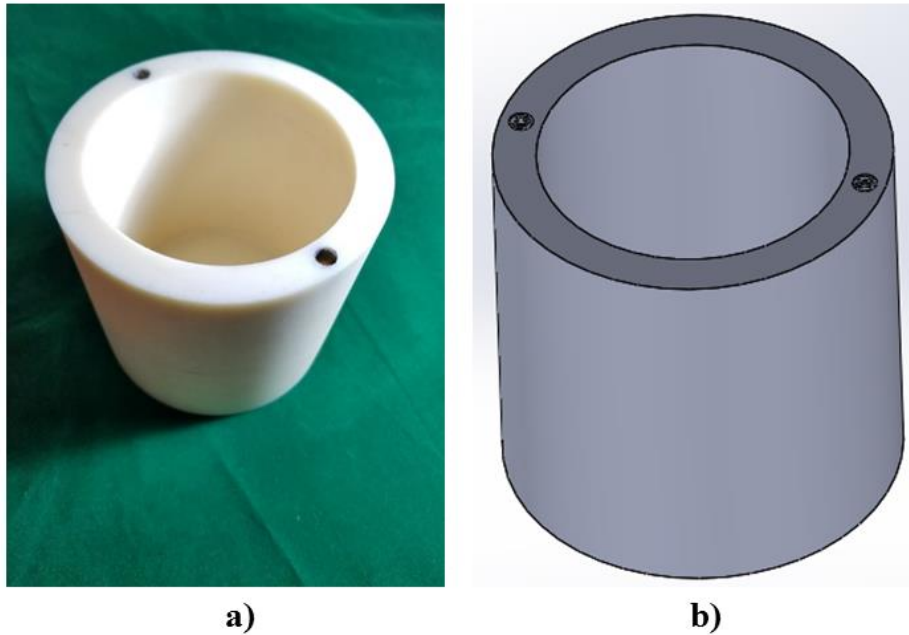


Imagen 77 : a) Presentación final del recipiente del mezclador maquinado, b) Mezclador del recipiente diseñado.

6.2 Tapa

Para iniciar el proceso de manufactura de la tapa del mezclador, se inició cortando una fracción del cilindro del Nylamid que se compró de 609.6mm de longitud con un diámetro de 107.95mm, donde se obtuvo una pieza cilíndrica de 38.1mm de longitud y un diámetro de 107.95mm, este corte se realizó con la sierra de cinta tal y como se observa en la Imagen 78a e Imagen 78b .



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

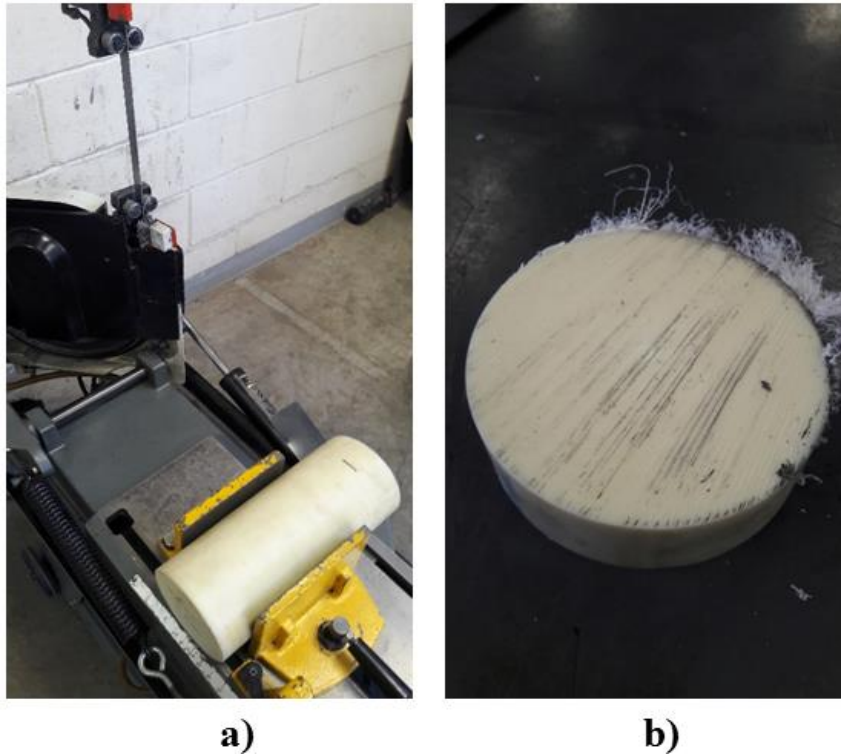


Imagen 78: a) Realizando el corte en el cilindro del Nylamid para obtener una fracción de este para realizar la tapa, b) La fracción que se utilizara para poder realizar la tapa del mezclado de forma cilíndrica.

Una vez obtenida la pieza cilíndrica del Nylamid para realizar la tapa del mezclador, se tuvo que realizar un careado superficial a la pieza que se obtuvo al cortar con la sierra de cinta donde esta fue colocada en el “Chuck” del torno convencional tal y como se muestra en la Imagen 79a para después realizar el careado superficial a la pieza tal y como se muestra en la Imagen 79b con el objetivo de que la pieza cilíndrica pueda ser maquinada en la fresadora CNC.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

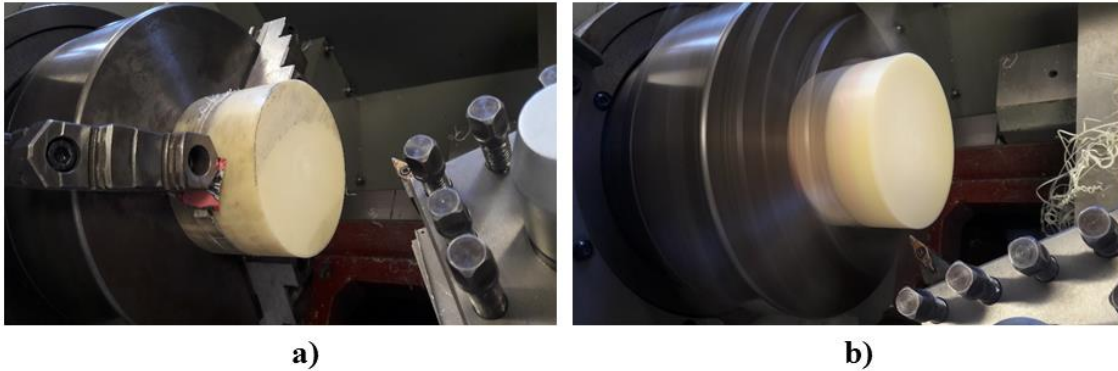


Imagen 79: a) Posicionando la fracción del Nylamid en el torno convencional para realizar el careo, b) Realizando el proceso de careado de la pieza.

Acto seguido de haber realizado el careado a la pieza en el torno convencional se tenía que localizar el centro de la pieza antes de ser colocada en la prensa de la fresadora CNC, y para eso se tuvo que ocupar el medidor de altura para encontrar el centro de la pieza tal y como se muestra en la Imagen 80a e Imagen 80b.

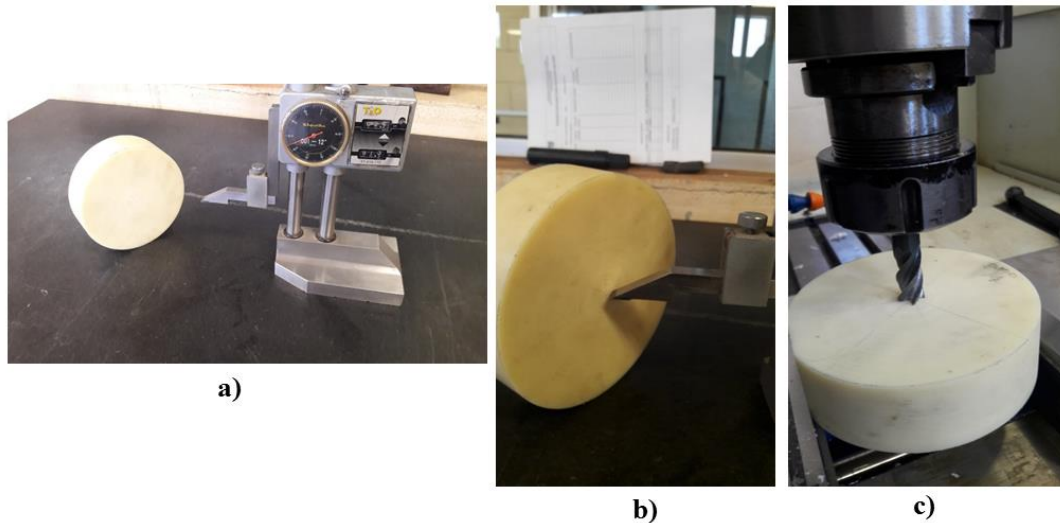


Imagen 80: a) El medidor de altura y la pieza cilíndrica, b) El centro de la pieza cilíndrica encontrado y marcado por el medidor de altura, c) La pieza cilíndrica en la prensa de la fresadora CNC.

De tal manera que fue encontrado el centro de la pieza cilíndrica se empezó a realizar el maquinado, donde la pieza fue situada en la prensa de la fresadora CNC tal y como se observa en la Imagen 80c.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Para dar inicio con el maquinado en la fresadora CNC primero se percató que la pieza se encuentre firmemente colocada en la prensa, y se realizó un subprograma en la fresadora CNC donde se ejecutaría otro desbaste superficial a la pieza de 1.27mm tal y como se muestra en la Imagen 81a e Imagen 81b.



a)



b)

Imagen 81: a) Realizando el programa en la fresadora CNC para hacer el desbaste, b) Realizando el desbaste en la pieza cilíndrica.

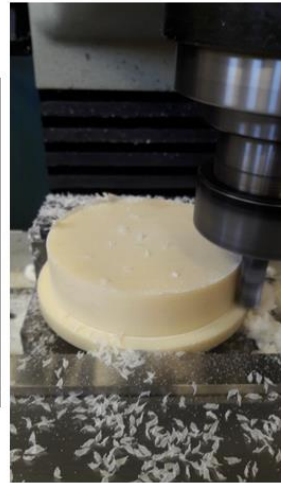
Dado que fue finalizado el desbaste de la pieza cilíndrica se realizó otro subprograma donde se haría un desbaste exterior de la pieza cilíndrica para obtener un diámetro exterior de 103.63mm y una profundidad de 25.4mm tal y como se muestra en la Imagen 82a e Imagen 82b.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



a)



b)

Imagen 82: a) Realizando el programa en la fresadora CNC, b) Operación de cilindrado en la pieza para obtener la pieza con los valores capturado en el programa.

Acto seguido de haber finalizado el desbaste exterior de la pieza dando como resultado un pequeño cilindro de 25.4mm de longitud y diámetro de 103.63mm tal y como se muestra en la Imagen 83a, posteriormente se realizó un barrenado en el centro de la pieza cilíndrica con las medidas de 7.11mm de profundidad y con un diámetro de 19.05mm tal y como se muestra en la Imagen 83b e Imagen 83c, donde este barrenado funcionará para que pueda ser colocado el rodamiento de bolas rígidas.



a)



b)



c)

Imagen 83: a) Pieza cilíndrica con las medidas descritas para realizar el barrenado para colocar el rodamiento de bolas rígidas, b) Realizando el barrenado en la pieza de 19.05mm, c) Barreno terminado en el centro de la pieza con 19.05mm de diámetro y profundidad de 7.112mm.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Después se realizó otro barrenado en el mismo centro de la pieza, pero con un diámetro de 9.52mm y con una profundidad de 25.4mm tal y como se muestra en la Imagen 84a e Imagen 84b, ya que este barreno nos fungirá para que pueda atravesar el eje principal del agitador.



a)



b)

Imagen 84: a) Generando el barrenado más pequeño con diámetro de 19.05mm y profundidad de 25.4mm, b) Los barrenos realizados en el centro de la pieza cilíndrica.

Una vez terminado el segundo barrenado en la pieza cilíndrica tal y como se muestra en la Imagen 84b se procedió a quitar la pieza de la prensa de la fresadora de CNC para realizar la operación de cilindrado en el torno de CNC tal como se muestra en la Imagen 85a y de tal modo obtener la pieza casi finalizada, donde con la operación de cilindrado tal y como se muestra en la Imagen 85b se obtendrá la pieza cilíndrica con un diámetro de 103.37mm y la longitud de 22.30mm, tal y como se muestra Imagen 85c.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

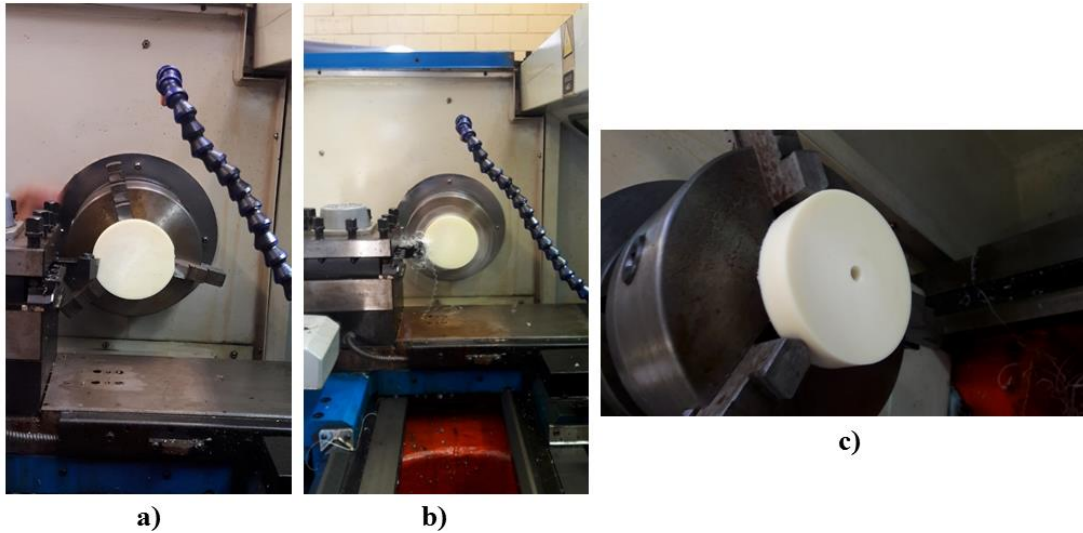


Imagen 85 : a) Colocando la pieza cilíndrica en el torno de CNC para poder hacer el cilindrado, b) La operación del cilindrado en ejecución, c) Dejando la pieza con una el diámetro de 103.63mm y 25.4mm de longitud.

Posteriormente se realizó una pequeña pestaña de 80.77mm de diámetro con una longitud de 3.30mm donde primeramente se realizó un subprograma tal y como se muestra Imagen 86a esta pestaña se realizará paralela donde se realizó el barreno de 9.52mm tal como se muestra en la Imagen 86b.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



a)



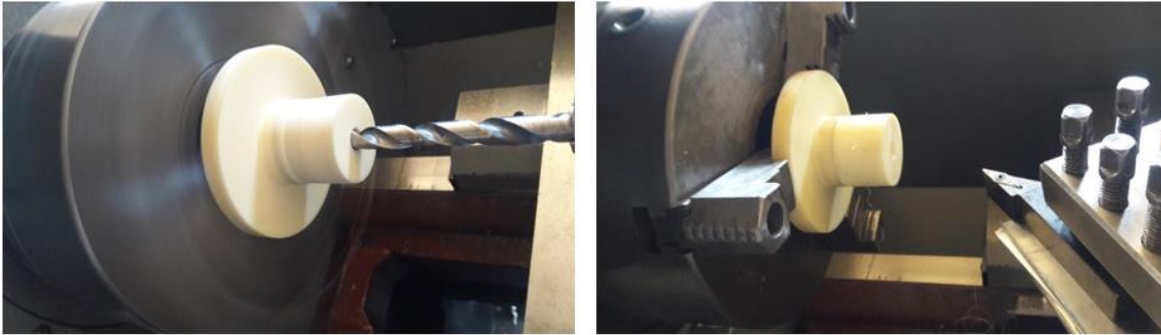
b)

Imagen 86: a) Realizando el programa para hacerle la pestaña a la tapa con las medidas antes descritas, b) Proceso del cilindrado acabado con la pestaña de la tapa.

Para continuar con la obtención de la tapa del mezclador se utilizó una parte del material de Nylamid que se reciclo cuando se realizó el recipiente del mezclado, de tal manera que con la pieza reciclada se realizó la tapa del rodamiento de bolas rígidas donde se inició colocando la pieza reciclada en el torno convencional y hacer un barreno de 12.7mm de diámetro con un profundidad aproximada de 19.05mm tal y como se muestra en la Imagen 87a y después se realizó un cilindrado dejando la pieza con un diámetro de 47.24mm tal y como se observa en la Imagen 87b.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



a)

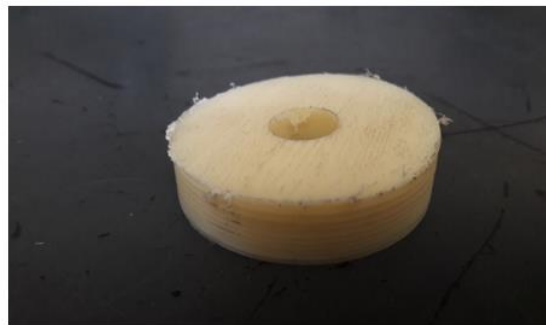
b)

Imagen 87: a) Realizando el barreno en la pieza reciclada para obtener la tapa del rodamiento, b) Realización del cilindrado de la pieza.

De tal modo que se obtuvo la pieza maquinada con las medidas descritas se colocó la pieza en una prensa y con un arco con segueta se realizó un corte con respecto a la longitud del cilindro de aproximadamente de 15.24mm tal y como se muestra en la Imagen 88a e Imagen 88b.



a)



b)

Imagen 88: a) Realizando el corte de la pieza, b) Pieza obtenida que se utilizara para la tapa del rodamiento.

Una vez teniendo la pieza cortada con el arco con segueta tal y como se muestra en la Imagen 88b la pieza fue colocada en la prensa de la fresadora de CNC para poder hacerle un careo superficial a la tapa y dejarla a un espesor de 8.24mm tal y como se muestra en la Imagen 89a e Imagen 89b.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

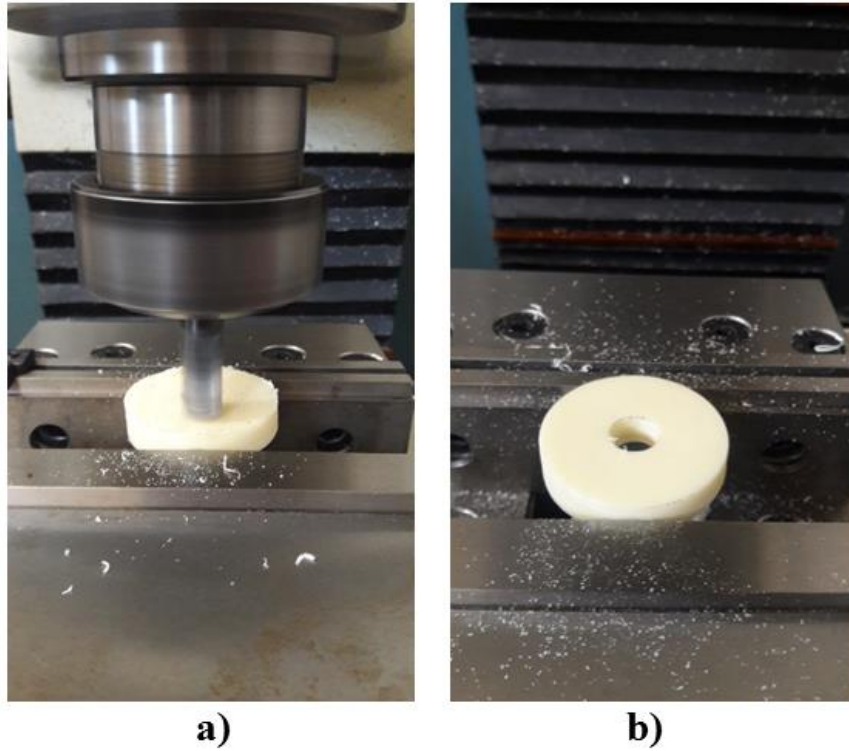


Imagen 89: a) Realizando el careado de la pieza en la fresadora CNC, b) Tapa del rodamiento con el espesor de 8.24mm.

Ahora bien, con la ayuda de un indicador de centro se buscaría el centro de la pieza para que se realizaran 2 barrenos de diámetro de 7.11mm donde atravesara toda la pieza, y se encontrara esos 2 barrenos a una distancia concéntrica a 16.56mm con respecto al eje “X” tal y como se muestra en la Imagen 90a e Imagen 90b.

De igual forma se puede apreciar las dimensiones descritas en la sección del diseño de la tapa del recipiente tal y como se muestra en la Imagen 58.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



a)



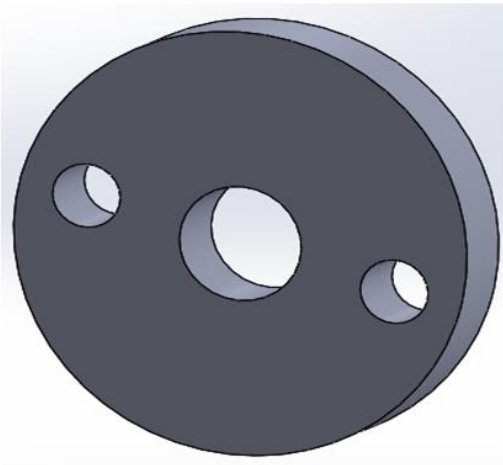
b)

Imagen 90: a) Indicador de centro utilizado en la pieza, b) Realizando los barrenos de 7.112mm.

De acuerdo a lo anterior se obtuvo la pieza que fungirá para mantener el rodamiento de bolas rígidas sujeto a la tapa del mezclador de tal manera se pretende evitar una ruptura prematura o momentos flexionantes en el eje principal del mezclador, en la Imagen 91a se muestra la pieza que es la tapa del rodamiento maquinada y en la Imagen 91b se muestra la tapa del rodamiento diseñada donde se puede observar que ambas tiene las mismas dimensiones y características.



a)



b)

Imagen 91: a) Tapa del rodamiento maquinada, b) Tapa del rodamiento diseñada.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Siguiendo con el maquinado para la obtención de la tapa del recipiente se colocó ahora la tapa del recipiente en la prensa de la fresadora CNC, donde la pestaña que se le hizo debe quedar hacia abajo y con ayuda del indicador de centro se encontró el centro de la tapa del recipiente tal y como se muestra en la Imagen 92a, acto seguido se realizaron los 2 barrenos con un diámetro de 5.05mm y una profundidad de 20.32mm estos barrenos fueron situados 16.56mm concéntrico con respecto al centro de la pieza tal y como se muestra en la Imagen 92b e Imagen 57a donde para posteriormente con ayuda de un maneral y un machuelo de 6.35mm de diámetro con un paso de cuerda de 20 se realizó un roscado interno a los barrenos de 5.05mm de diámetro con una profundidad de 15mm tal y como se muestra en la Imagen 92c donde esta operación fungirá para ser colocada y asegurada la tapa del rodamiento en la tapa del mezclador y de tal manera mantener el rodamiento de bolas rígidas en una posición estática.

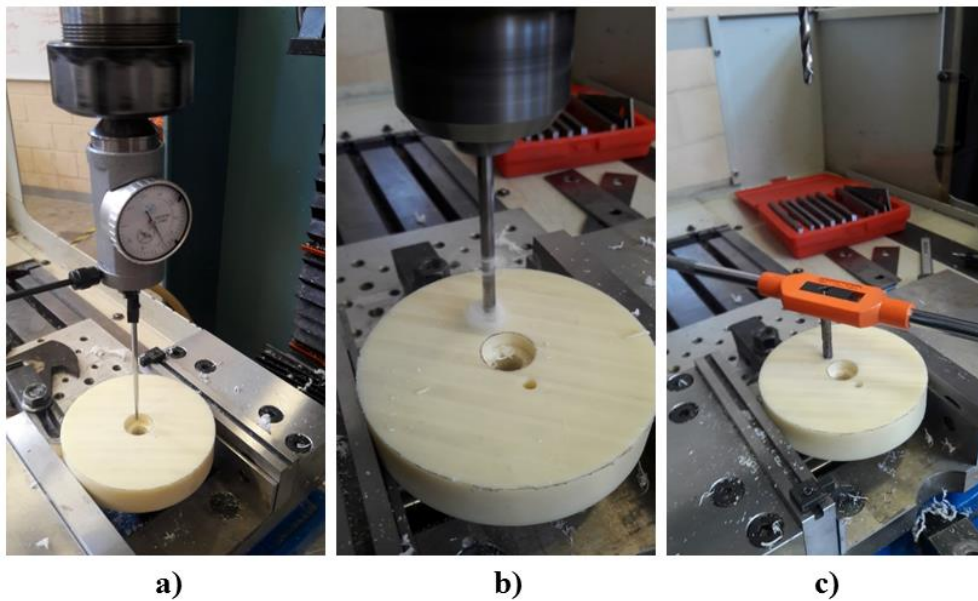


Imagen 92: a) Utilizando el indicador de centro en la tapa del recipiente, b) Utilizando el indicador de centro en la tapa del recipiente, c) Realizando con un machuelo la cuerda interna para poder utilizar los tornillos.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Posteriormente de haber realizado los barrenos y hacer el roscado interno se procedió a realizar otro 2 barrenos donde estos servirán para que el vástago roscado atraviese la tapa y pueda ser enroscado en el recipiente del mezclador, entonces se procedió colocando la broca de centro para iniciar con el barreno perpendicular al eje donde se había maquinado los barrenos anteriores con la distancia de 46.16mm concéntrico al centro de la tapa y una profundidad de 2.54mm, ahora bien se cambió la broca de centro para emplear una de 6.85mm de diámetro y se barreno hasta atravesar la pieza tal y como se muestra en la Imagen 93.



Imagen 93: Realizando el barrenado en la tapa atravesando la pieza.

De tal manera que en la Imagen 94 se muestra la tapa totalmente maquinada donde en la Imagen 94a se muestra una vista completa de la tapa del mezclador pero en la Imagen 94b se muestra una vista cercada a los barrenos que se le realizaron para que el rodamiento pueda ser situado, también se observan los barrenos que se les realizó el roscado interno donde con ellos se asegurara la tapa del rodamiento para mantener el rodamiento estático, la tapa del



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

rodamiento es asegurada con los tornillos que fueron descritos en la parte del diseño del mezclador.

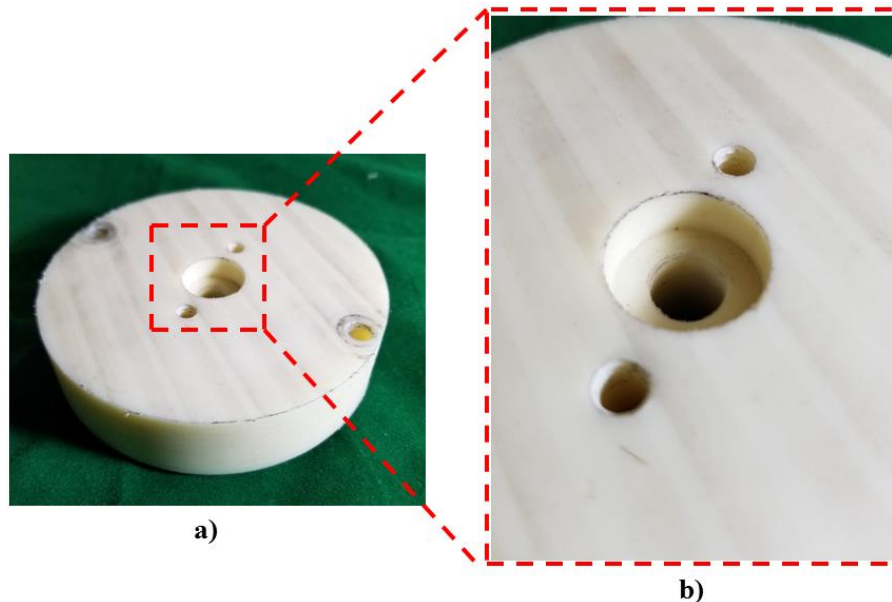


Imagen 94 : a) Tapa del recipiente terminada b) Vista cercana a los barrenos donde será colocado el rodamiento de bolas rígidas.

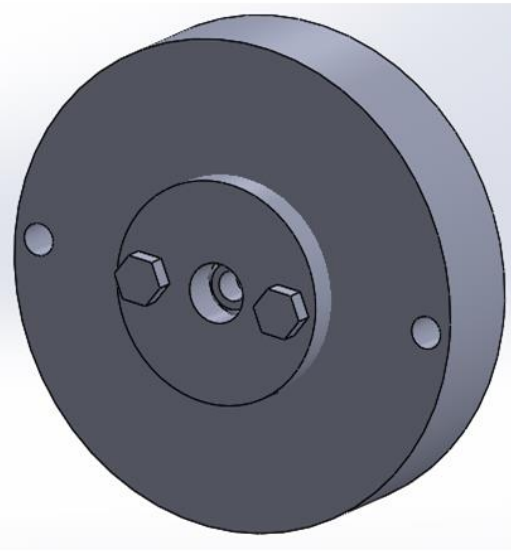
Por consiguiente teniendo como terminada la tapa del recipiente, la tapa del rodamiento, las 2 tuercas de 6.35mm de diámetro con un longitud de 19.05mm y el rodamiento de bolas rígidas se presentaron cada una de las piezas para observar la geometría que tiene la tapa ensamblada y de tal manera se puede observar que cumple con las características y geometría la tapa maquinada con respecto al diseño realizado y que se puede observar en la Imagen 95a e Imagen 95b.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



a)



b)

Imagen 95: a) La tapa del mezclador maquinada ensamblada, b) La tapa del mezclador diseñada.



6.3 Agitador del mezclador

Para iniciar con el proceso de manufactura del agitador del mezclador cuando se realizó el diseño se determinó que se realizaría en 3 partes donde consta de 3 paletas, 3 cilindros pequeños y el eje principal del agitador tomando en consideración los cálculos obtenidos.

De tal modo que para obtener las paletas y los cilindros pequeños se utilizó un pedazo de Nylamid que se reciclo de las piezas anteriores realizadas, donde esta pieza era cilíndrica con un diámetro de 114.3mm y un longitud de 38.1mm, la pieza fue colocada en la prensa de la fresadora CNC donde se inició dándole un careado superficial devastando 1.27mm tal y como se muestra en la Imagen 96.



Imagen 96 : Realizando el careo superficial a la pieza cilíndrica.

Acto seguido de haber realizado el careado superficial se procedió a obtener los cilindros pequeños y las paletas del mezclador, donde las paletas tienen una longitud de 6.66mm una altura de 5.33mm y un ancho de pared de 3.18mm y los pequeños cilindros tienen un diámetro de 2.54mm y una longitud de 7.11mm y en base a las medidas se realizó el subprograma en la fresadora CNC tal y como se muestra en la Imagen 97a donde



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

posteriormente se empezó con el maquinado utilizando un cortado de diámetro de 6.35mm tal y como muestra en la Imagen 97b e Imagen 98.



Imagen 97: a) Programando la CNC para obtener los cilindros y las paletas del mezclador, b) Empezando con los cortes en la pieza.



Imagen 98: Maquinando los cilindros pequeños y paletas del mezclador.

Sin embargo las paletas se les dio un longitud mayor al descrito en los cálculos para poderlo obtener su medida calculada tal como se muestra en Imagen 99, y en la sección del diseño tal y como se muestra en la Imagen 51 e Imagen 52.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

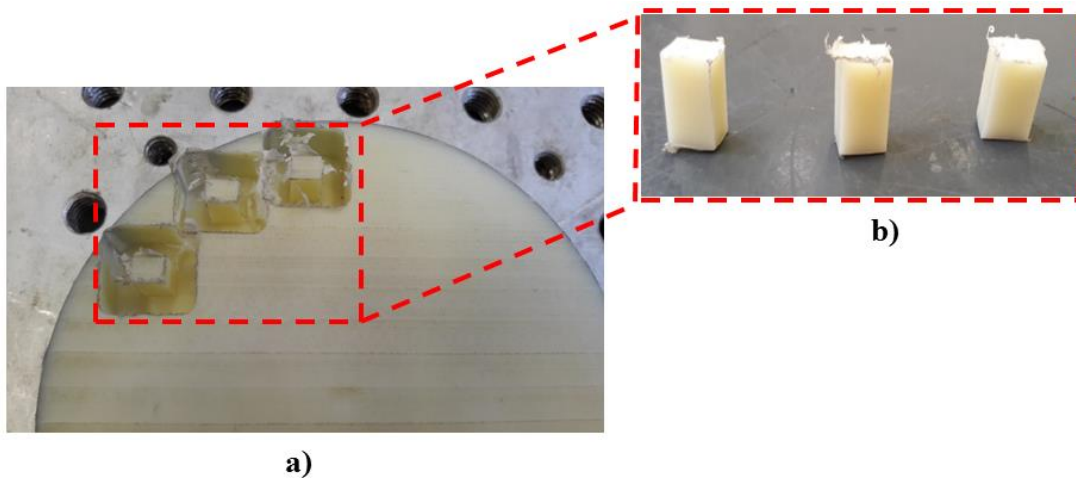


Imagen 99: a) Obteniendo las paletas del mezclador maquinadas, b) Las paletas del mezclador.

Como se comentó anteriormente que se les dejó un ancho más largo a lo establecido a las paletas, fue necesario darle un acabado superficial tal y como se muestra en la Imagen 100 para que la pieza quedara con un ancho de 3.18mm.



Imagen 100: Maquinando las paletas para obtener el ancho de las paletas calculado.

Teniendo las dimensiones correctas de las 3 paletas, fue necesario realizar la última operación que es hacer el barrenado en el ancho de la paleta, donde este tendría un diámetro de 2.54mm y una profundidad de 2.54mm en el centro de la pieza con respecto al ancho de la pieza tal y como se muestra en la Imagen 101.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



Imagen 101: Realizando el barreno a las paletas que fungirá para unir el cilindro con la paleta.

De tal manera que se realizó el barreno se obtuvieron las paletas y los ejes maquinados a las dimensiones que se diseñaron y calcularon dando como resultado el producto de la Imagen 102b, donde se muestra el ensamble que se realizó entre los pequeños ejes y las paletas y de tal manera observar que hay una semejanza entre su geometría y características de las paletas y cilindros pequeños diseñados tal y como se observa en la Imagen 102a.

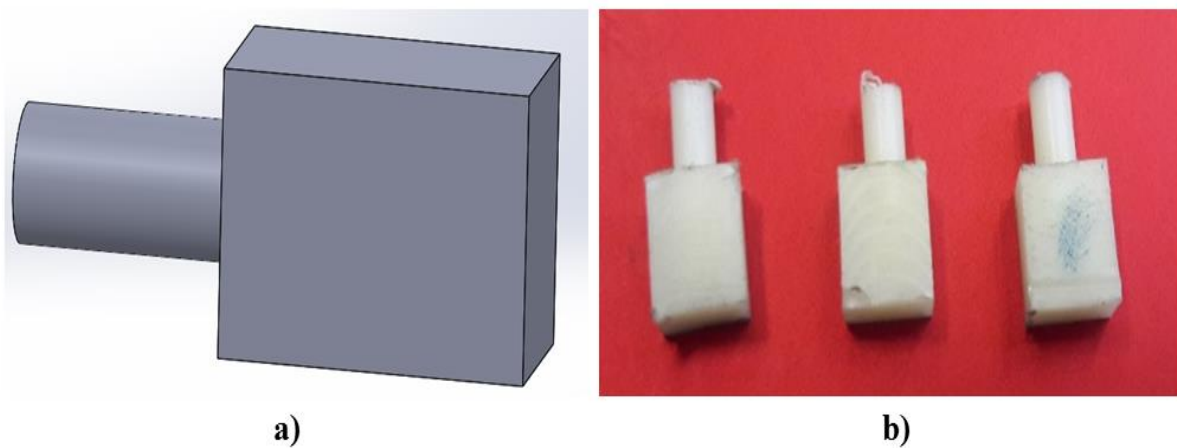


Imagen 102: Las 3 paletas con sus respectivos cilindros unidos.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Asimismo, obtenidas las 2 piezas que conforman al agitador del mezclador ahora se realizará el eje principal del agitador, donde se compró una barra cilíndrica de 304.8mm de longitud con diámetro de 12.7mm tal y como se muestra en la Imagen 103.



Imagen 103: Pieza cilíndrica.

Al tener la pieza cilíndrica se procedió al maquinado en el torno convencional donde se tendrá que realizar un cilindrado para dejar la pieza con 2 diámetro diferentes y longitudes diferentes el primer cilindro es de un diámetro de 6.35mm con un longitud de 50mm seguido del otro cilindro que es de 9.52mm de diámetro con un largo de 86.36mm tal y como muestra en la Imagen 104.

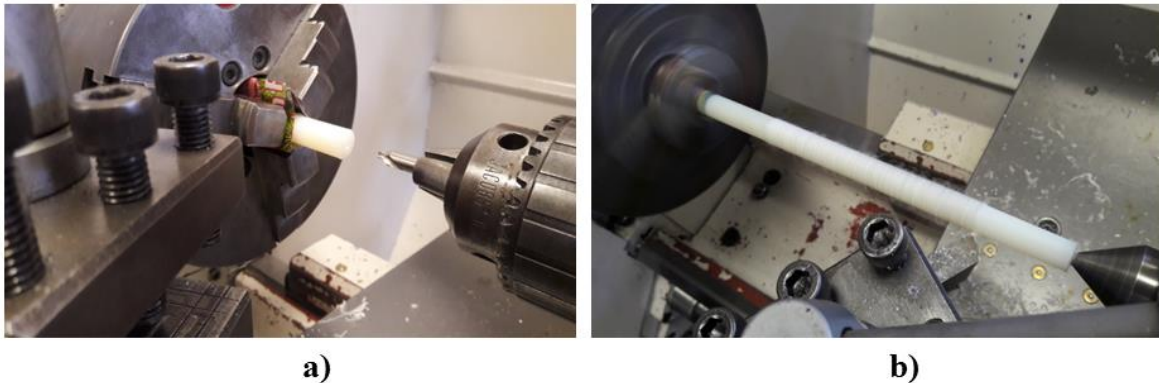
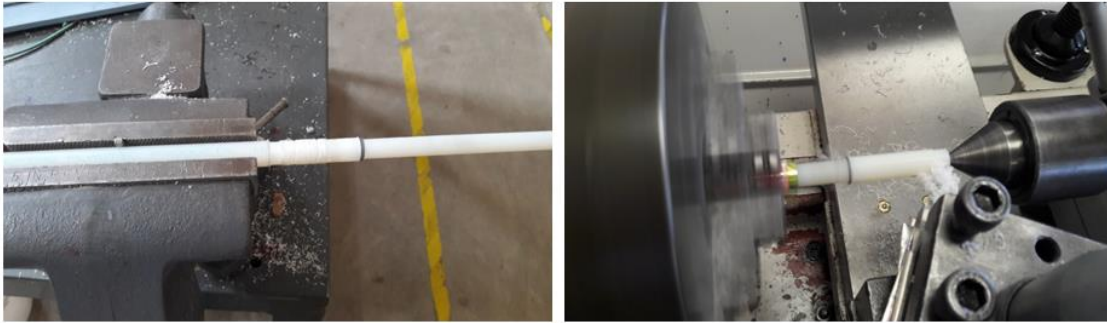


Imagen 104: a) Colocando la pieza cilíndrica en el torno convencional, b) Realizando la operación del maquinado en la pieza cilíndrica.

Primeramente se empezó a realizar el cilindrado para obtener el cilindro con diámetro de 9.525mm y una longitud de 86.36mm, acto seguido se retiró la pieza del torno para poder utilizar el arco con segueta para poder cortar esa pieza tal y como se muestra en la Imagen 105a sin olvidar que se le debe de dejar un largo de 63.5mm para que hacer el otro cilindrado y dejar la pieza con un diámetro de 6.35mm y longitud de 50.8mm tal y como se muestra en la Imagen 105b.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



a)

b)

Imagen 105: a) Realización del corte del eje del mezclador con el arco con segueta, b) Realizando el cilindrado donde se dejará a 6.35 mm de diámetro con 50.8 mm de largo.

Una vez obtenido la pieza con los 2 diámetros diferentes fue colocada la pieza en el chuck de la fresadora CNC para así poder realizar los barrenos en el extremo del eje donde se tiene el diámetro de 9.525mm, estos barrenos a realizar tienen un diámetro de 2.54mm y una profundidad de 2.37mm, estos barrenos serán empleados para poder unir las paletas del agitador al eje principal del agitador, estos barrenos se pueden apreciar en la Imagen 54.

Primero se procedió a alinear bien el eje en la fresadora para realizar los 3 barrenos tal y como se en la Imagen 106a una vez alineado el eje y encontrado el origen, se realizó el barrenado a la distancia que se diseñó tal y como se muestra en la Imagen 106b para así obtener la pieza finalizada.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

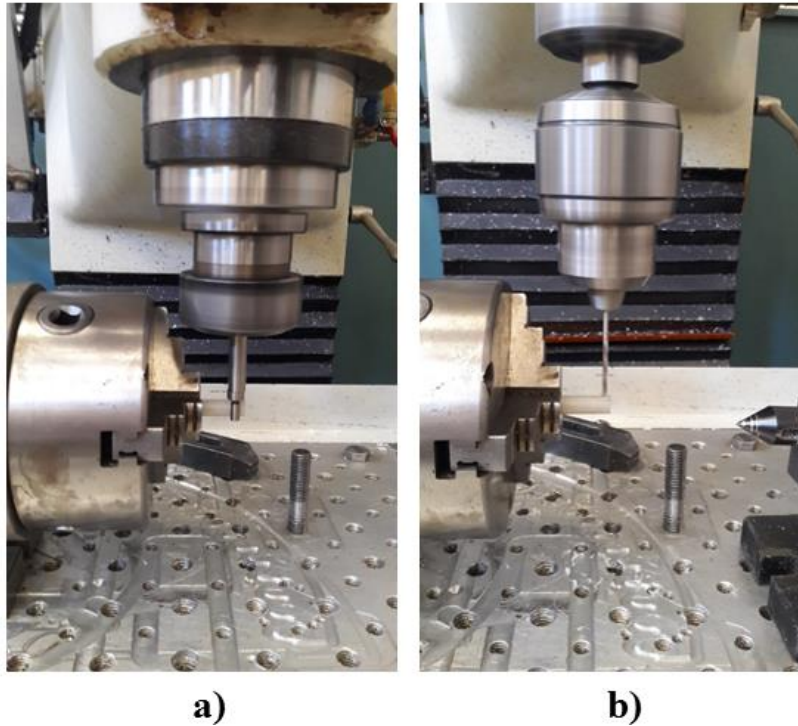


Imagen 106: a) Alineando el eje en la fresadora, b) Realizando los barrenos en el eje.

De modo que se realizaron los 3 barrenos en el eje principal del agitador se obtuvo la pieza finalmente maquinada, donde en la Imagen 107a e Imagen 107b se puede observar una comparación el eje principal del agitador maquinado con el eje principal del agitador diseñado donde ambos tienen la misma geometría y características teniendo como culminada otra pieza del mezclador de paletas inclinadas.

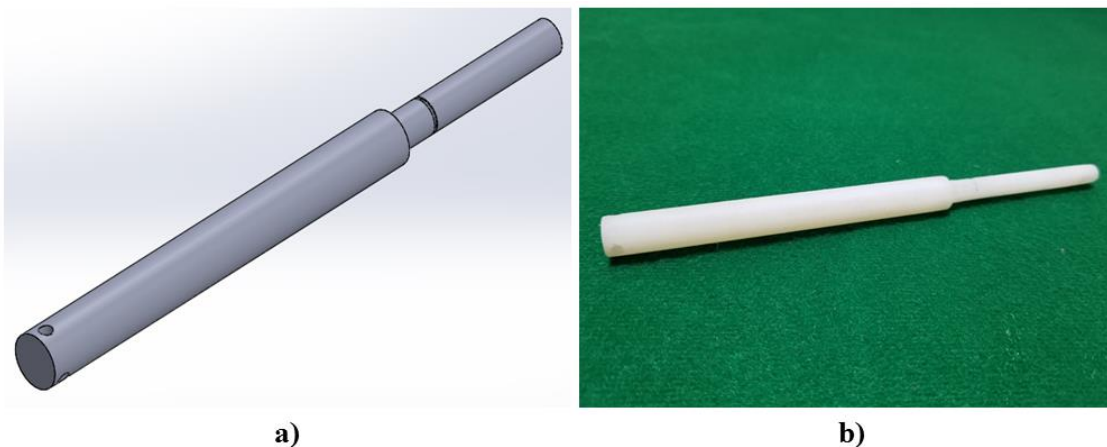


Imagen 107: a) Eje principal de agitador diseñado, b) Eje del agitador maquinado



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

En la Imagen 108 se puede observar el eje principal de agitador con las paletas inclinadas presentadas, donde se puede observar que tienen la misma similitud tanto la pieza maquinada Imagen 108a como la pieza diseñada en la Imagen 108b de tal manera se tiene el agitador del mezclado de paletas inclinadas terminado.



Imagen 108: a) Eje principal del agitador con las paletas maquinado, b) Eje principal del agitador con las paletas diseñado.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

6.4 Acoplamiento.

De tal modo que se obtuvieron los 3 principales elementos del mezclador se inició ahora con el proceso de manufactura del acoplamiento donde tiene una forma cilíndrica teniendo un diámetro de 25.27mm y una longitud de 27.94mm donde este fungirá para unir el eje principal de agitador del mezclador con el eje del motor por lo tanto también se hará otro barreno que atraviesara las 2 caras del cilindro donde este barreno tendrá un diámetro de 6.35mm y será ubicado concéntricamente a una de las caras del cilindro, estas dimensiones se puede apreciar en el diseño del acoplamiento tal y como se observa en la Imagen 61.

Posteriormente se inició colocando el material de Nylamid que se reciclo al realizar las piezas del agitador en la fresadora CNC, donde se empezó a realizar un subprograma en la fresadora CNC metiendo sus dimensiones de la pieza tal y como se observa la Imagen 109a y una vez verificado el programa se empezó a realizar el maquinado para obtener el acoplamiento tal y como se muestra en la Imagen 109b e Imagen 109c.

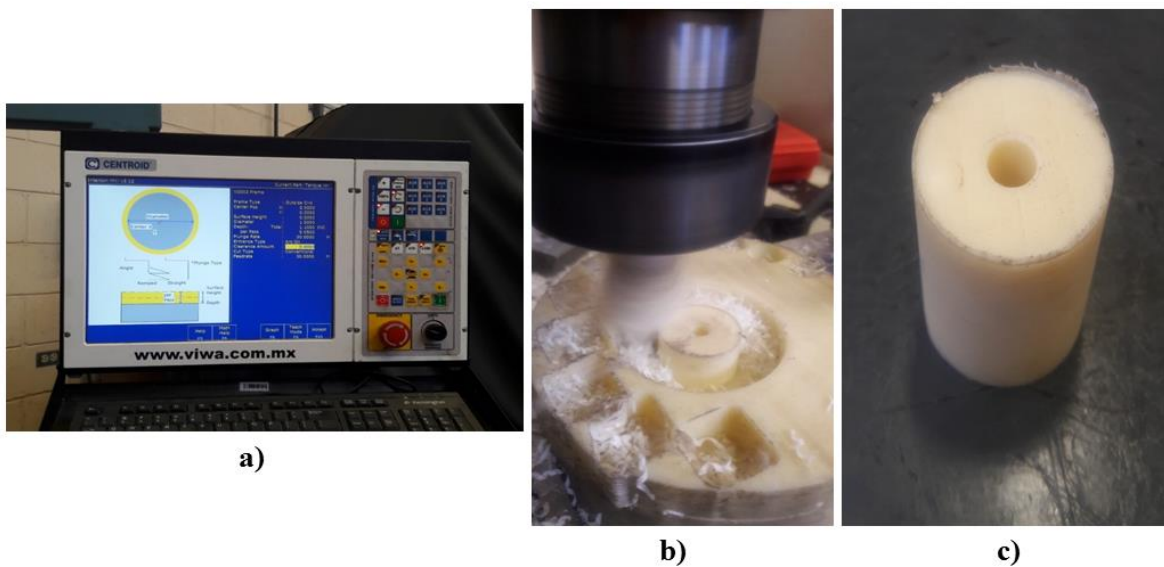


Imagen 109: a) Iniciando el Programa para realizar el acoplamiento, b) Realizando la pieza en la fresadora CNC, c) Obteniendo la pieza con las dimensiones descritas.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Una vez que se obtuvo la pieza cilíndrica se realizarían los 2 barrenos donde posteriormente se realizó el roscado interno para que pueda ser empleados los opresores, estos barrenos serán ubicados con respecto a la longitud del cuerpo del cilindro donde el primer barreno será ubicado a 7.01mm y el otro a 13.94mm.

Primeramente se empezaran a barrenar con una broca de centro y después se utilizara una broca de 5.05mm de diámetro para posteriormente realizar el roscado interno con un maneral y un machuelo de 6.35 de diámetro con un paso de cuerda de 20, estas dimensiones se puede apreciar más en la Imagen 61 donde de igual manera la operación del barrenado se realizara en la prensa de la fresadora CNC poniendo la pieza de forma horizontal, y posteriormente hacerle el roscado interno a los barrenos, donde estas operaciones se emplearan para utilizar opresores fungiendo para mantener sujetos el eje del motor y el eje principal del agitador.

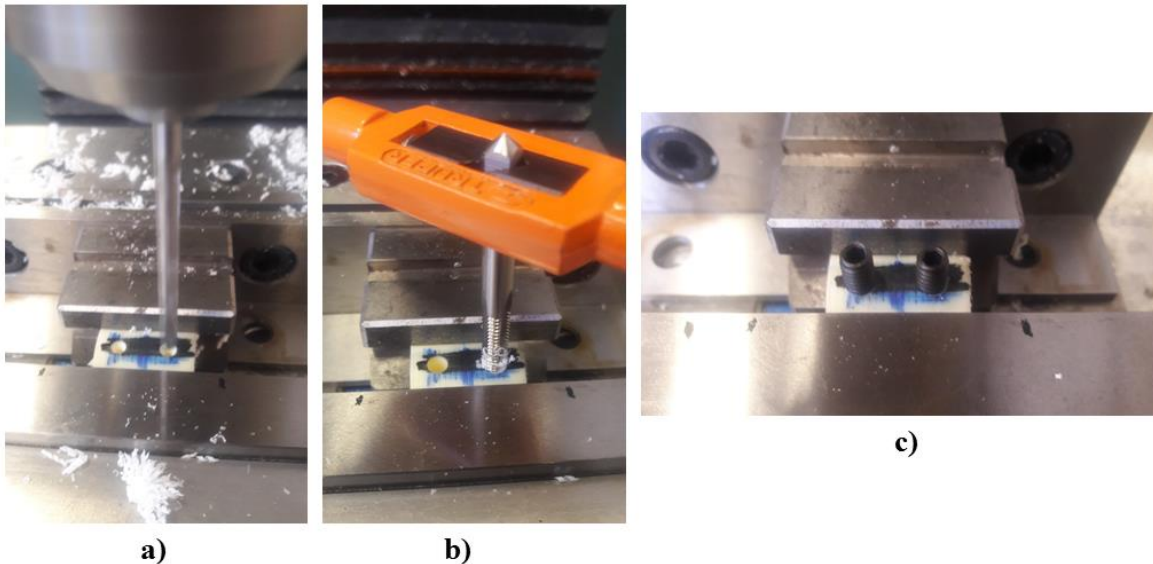


Imagen 110: a) Realizando los barrenos que fungirán para hacerle la cuerda con el machuelo, b) Realizando la cuerda los machuelos para poder utilizar los opresores, c) Presentando los opresores en la pieza.

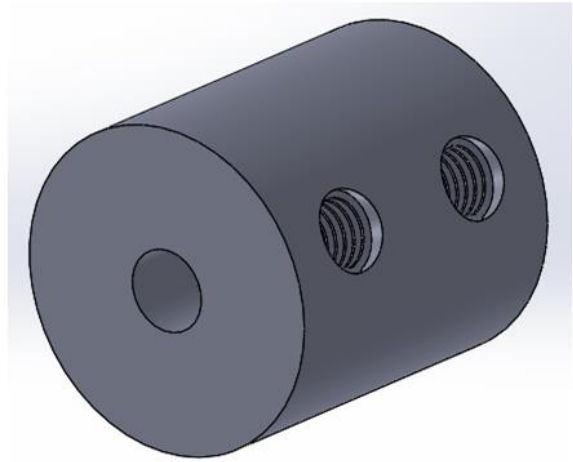
Acto seguido de haber terminado de realizar el roscado interno y presentado los opresores en el roscado interno para confirmar que los opresores entren sin problemas, en la Imagen 111a se puede observar que la pieza del acoplamiento que se manufacturo, tiene la misma geometría y características a la pieza que se diseñó tal como se muestra en la Imagen 111b de tal manera la pieza cumplirá con su cometido que es transmitir la energía del eje del motor hasta el eje principal del agitador para poder obtener las mezclas.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



a)



b)

Imagen 111: a) Acoplamiento maquinado, b) acoplamiento diseñado.

6.5 Cabeza de Tornillo.

Para finalizar con el proceso de manufactura se realizaría la última pieza del mezclador que son las cabezas de los tornillos, donde estos tornillos fungirán para mantener cerrado el recipiente con la tapa del mezclador y de ese modo mantener la mezcla libre de contaminantes al momento de realizar el mezclado, por eso se tuvo que hacer una cabeza para los tornillos donde tendrán una forma cilíndrica teniendo una longitud de 32.26mm y teniendo 2 diámetros diferentes uno de 12.70mm y el otro de 18.54mm, con respecto a la longitud del cuerpo cilíndrico de 19.56mm se realiza el proceso de moleteado para tener un agarre en la pieza y así poder abrir y cerrar el recipiente. En el largo del cilindro de 12.70mm exactamente en el centro del cuerpo se hará un barrenado con un diámetro de 5mm y una profundidad de 3.19mm y posteriormente utilizar un machuelo de M6 x 1.0 para generar un roscado interno donde esto fungirá para sujetar el vástago roscado con un opresor, por último se realizara otro barrenado de 6.35mm con una profundidad de 12mm en el centro de la cara del cilindro que tiene un diámetro de 12.70mm estas dimensiones se pueden observar en la Imagen 62.

Para iniciar con el maquinado de las piezas se utilizó una barra cilíndrica de aluminio, con un diámetro de 21.59mm con un largo de 609.6mm, donde con ella se obtuvo una porción de material para fabricar las cabezas de los tornillos, con ayuda de un medidor de altura y marcador se trazó el largo que se ocuparía de la pieza tal y como se muestra en la Imagen



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

112a, acto seguido se realizó el corte empleando un arco con segueta con el que se obtuvo una pequeña barra cilíndrica de 76.2mm de largo con un diámetro de 21.59mm, posteriormente se introdujo la pieza en el torno, empezando por un careado en una de las caras de la barra cilíndrica tal y como se muestra en la Imagen 112b.



a)



b)

Imagen 112: a) Barra cilíndrica de aluminio con el medidor de altura, b) Realizando un careado a la barra cilíndrica.

Para utilizar el contra punto del torno en la pieza se tuvo que hacer un barreno con la broca de centro en una de las caras del cilindro tal y como se observa en la Imagen 113a para poder hacer el cilindrado y obtener las dimensiones de la pieza. Seguidamente se empezó a realizar el cilindrado, obteniendo el diámetro de 12.7mm con un largo de 12.7mm tal y como se muestra en la Imagen 113b para dar continuidad con el maquinado de la pieza se utilizó una broca de 6.35mm para hacer el barreno en el centro donde este servirá para introducir el vástago roscado tal y como se muestra en la Imagen 113c.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

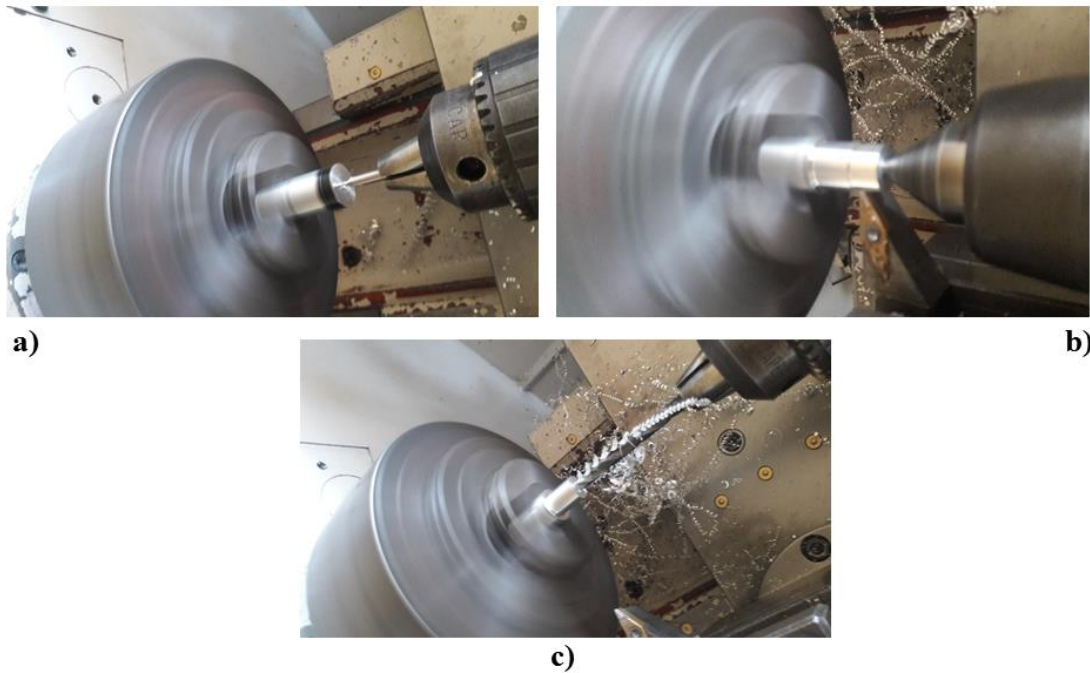


Imagen 113: a) Realizando el barrenado con la broca de centro, b) Realizando el cilindrado en la pieza, c) Barrenando para introducir el vástago roscado.



Imagen 114: Realizando el barrenado con la broca de centro.

Para continuar se gira la pieza para realizar el otro cilindrado donde este tendrá una longitud de 19.55mm con un diámetro de 17.05mm tal y como se muestra en la Imagen 115a.

De tal forma al terminar el proceso de cilindrado se tendría casi finalizada la pieza sin embargo se hará otra pieza con las mismas dimensiones empleado las mismas operaciones



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

de maquinado de tal manera que se obtendrán 2 piezas semejantes tal y como se muestra en la Imagen 115b.

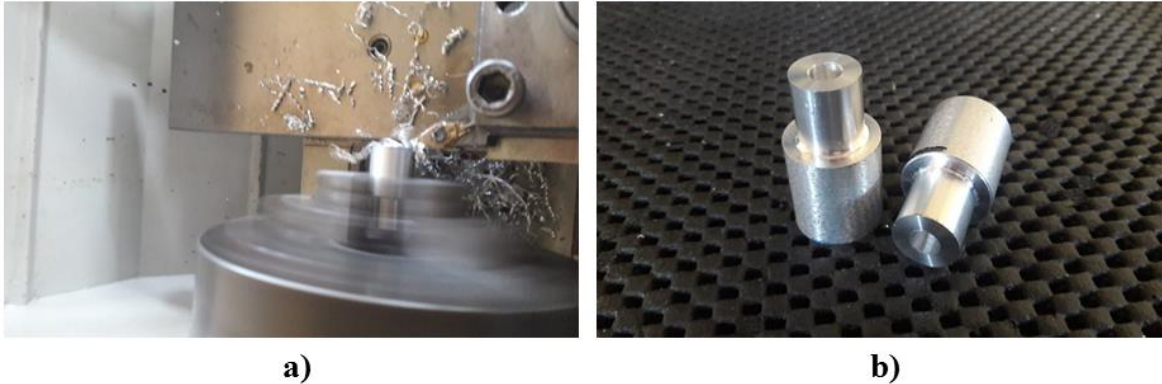


Imagen 115: a) Generando la cabeza del tornillo, b) Cabezas de los tornillos.

Teniendo las 2 piezas finalizadas, se empezó a realizar la operación del moleteado con respecto a la pieza que tiene el cilindro de 17.05mm de diámetro y una longitud de 19.55mm tal y como se muestra en la Imagen 116a.

Terminado la operación del moleteado, se compraron 2 tornillos de 6.35mm de diámetro con un longitud de 41.27mm con paso del número 20 sin importar el tipo de cabeza pero que tenga cuerda de por lo menos 25.4mm, y con ayuda de un arco con segueta será cortada la cabeza del tornillo y nos dará como resultado el vástago roscado tal y como se muestra en la Imagen 116c, en el corte que se realizó, utilizando una lima se quitara la rebaba y viruta de tal manera que el vástago roscado puedan entrar al barreno que se le realizo con un diámetro de 6.35mm para así poder tener completo el tornillo tal y como se muestra en la Imagen 116b.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

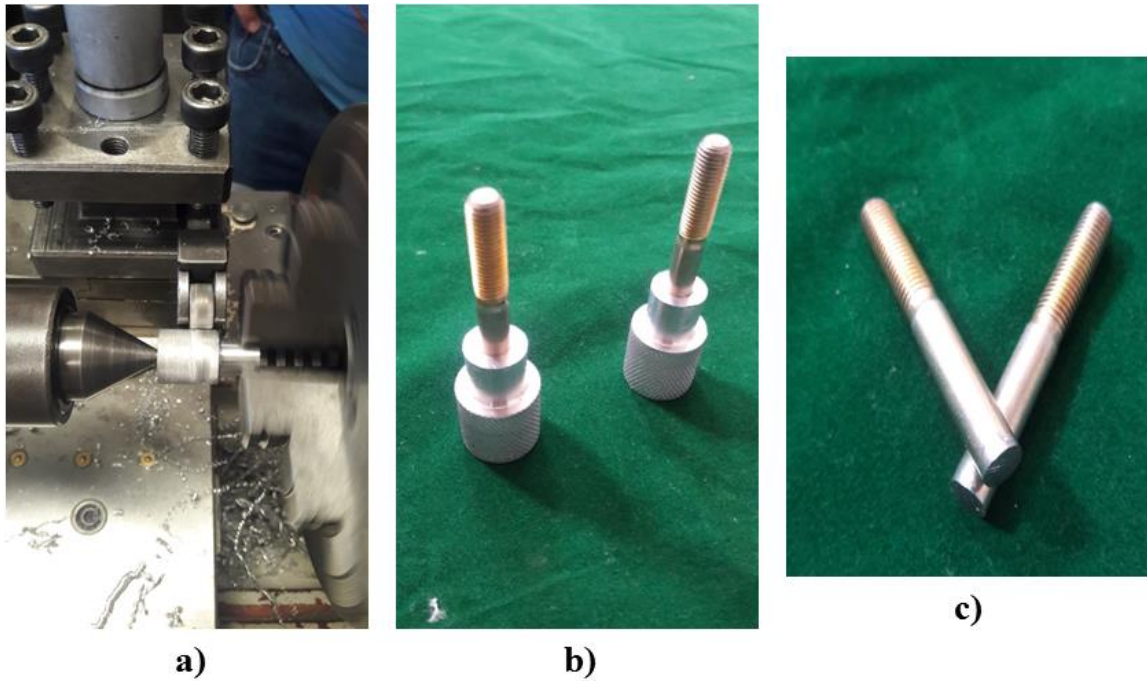


Imagen 116: a) Realizando la operación del moleteado, b) Presentando el cuerpo del tornillo a la cabeza de los tornillos maquinados, c) Los tornillos comprados una vez que se les quito la cabeza.

Una vez presentado el cuerpo de tornillo a la cabeza del tornillo que maquinamos tal y como se muestra en la Imagen 116b , se procedió a realizar el barreno y después la cuerda con respecto a la longitud del cilindro diámetro de 12.70mm y una longitud de 12.70mm, el barreno será de un diámetro de 5mm con una profundidad de 3.19mm donde fue realizado a la mitad del cuerpo del cilindro tal y como se muestra en la Imagen 117a e Imagen 117b y posteriormente se empleó una machuelo de M6 x 1.0 para generar el roscado interno en el barreno tal y como se observa en la Imagen 117c donde será empleado un opresor para sujetar el vástago roscado.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

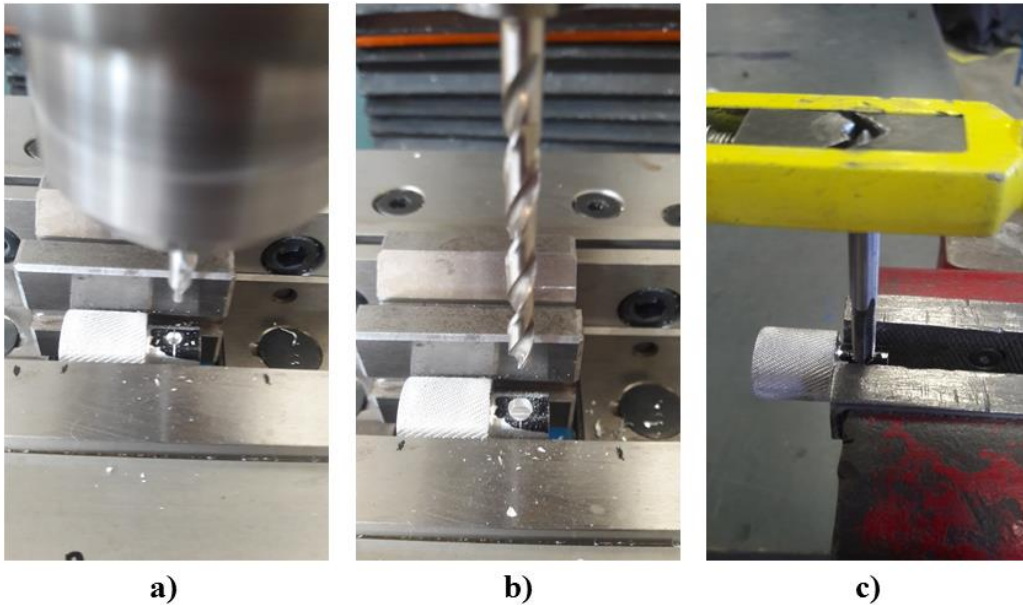


Imagen 117: a) Empezando a realizar el barrenado iniciando con una broca de centro, b) Realizando el barrenado a la pieza, c) Realizando la cuerda en el barrenado que fungirá para colocar el opresor.

Finalmente, al obtener el roscado interno este fungirá para colocar un opresor y así el vástago roscado quede fijo a la cabeza del tornillo que se maquina, de tal forma se obtendrá una sola pieza y se tendrá el resultado que se observa en la Imagen 118a e Imagen 118b.

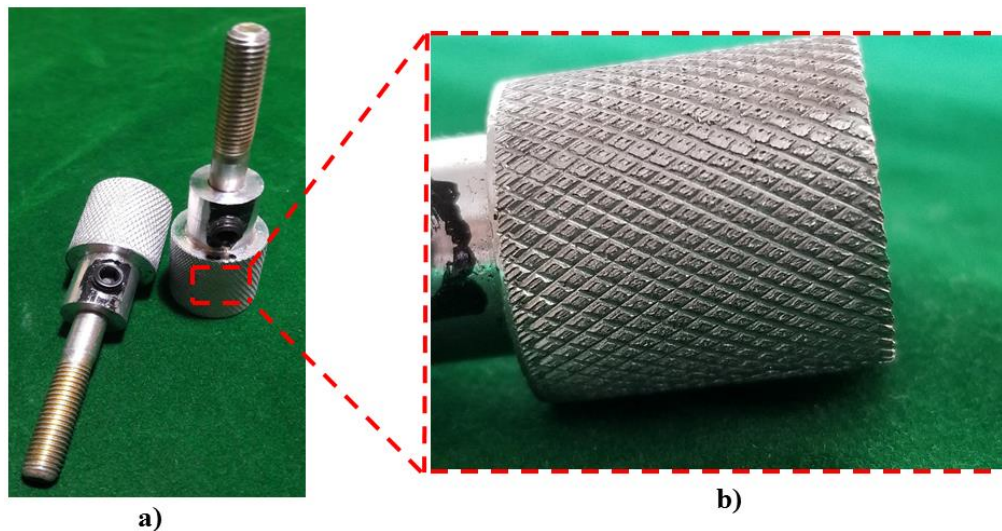


Imagen 118: a) El tornillo totalmente terminado que fungirá para mantener el mezclador cerrado, b) El moleteado que se obtuvo y nos ayudara a tener más agarre en la cabeza del tornillo y así poder abrir y cerrar el mezclador sin problemas.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

De tal manera al terminar el proceso de manufactura de la cabeza de los tornillos, se puede observar en la Imagen 119a se tiene la cabeza de tornillos maquinada, donde tiene la misma similitud con la pieza que se diseñó tal y como se observa en la Imagen 119b. Cabe señalar que la otra pieza principal es el vástago roscado que de tal manera es el que permitirá que se cierre el mezclador y se puedan obtener mezclas homogéneas o heterogéneas, donde en la Imagen 120a se observa el vástago roscado que se obtuvo de un tornillo donde se le quitó la cabeza que tenía y en la Imagen 120b se tiene el vástago roscado diseñado donde también ambas tienen similitudes con respecto a sus características y geometría.

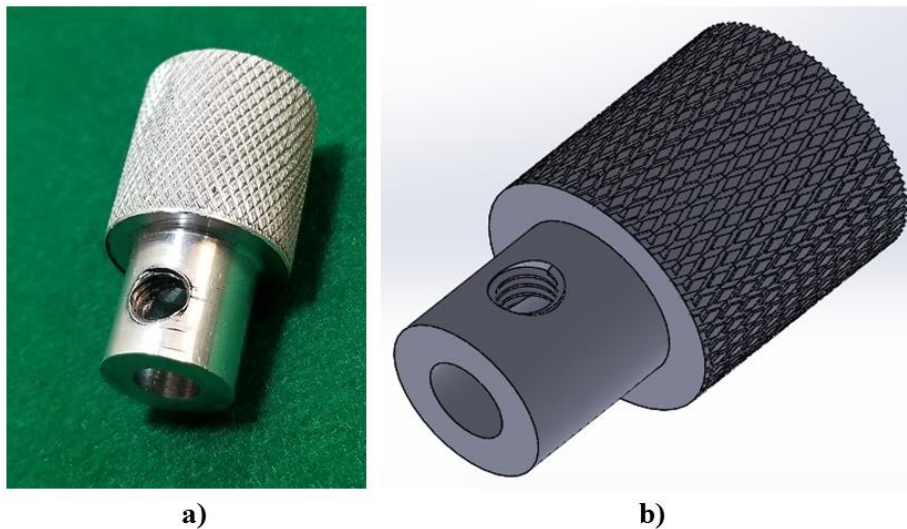


Imagen 119: a) cabeza del tornillo maquinada, b) cabeza de tornillo diseñada.

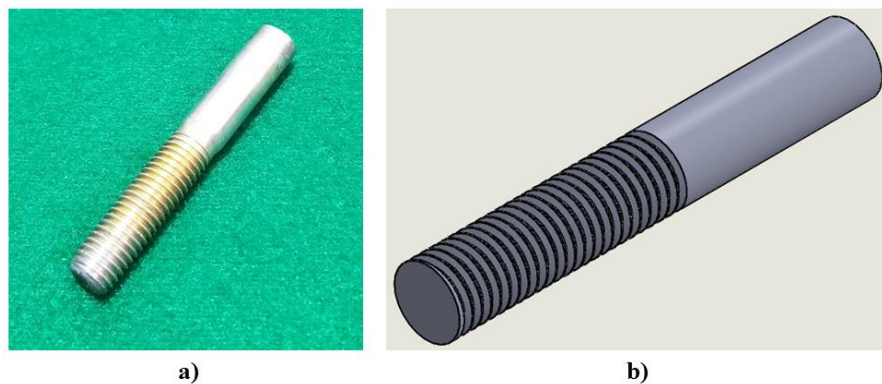


Imagen 120: a) vástago roscado obtenido de un tornillo, b) vástago roscado diseñado



7 CAPÍTULO: ENSAMBLE DEL MEZCLADOR DE PALETAS INCLINADAS

Ahora bien, teniendo cada una de las partes que conforman al mezclador de paletas inclinadas maquinadas de acuerdo al diseño y proceso de manufactura que se realizó, se procedió a concluir con el ensamblado del mezclador, donde en la Imagen 121 se pueden mostrar todas las partes del mezclador que lo conforman donde en total nos dio como resultado 14 piezas que conforman al mezclador de paletas inclinadas, en cuanto a las piezas estas tiene el mismo aspecto físico con respecto al diseño que se realizó en el software SolidWorks tal y como se muestra en la Imagen 122, de tal manera que se puede hacer una comparación de las piezas.

- 1.- Recipiente del mezclador
- 2.- Anillo de seguridad
- 3.- Tapa del rodamiento
- 4.- Tornillo para la sujeción de la tapa del rodamiento
- 5.- Vástago roscado
- 6.- Opresor para la sujeción del vástago
- 7.- Acoplamiento
- 8.- Tapa del mezclador
- 9.- Opresor para la sujeción de ejes
- 10.- Rodamiento
- 11.- Cabeza de tornillo
- 12.- Paleta
- 13.- Cilindro pequeño
- 14.- Eje del mezclador

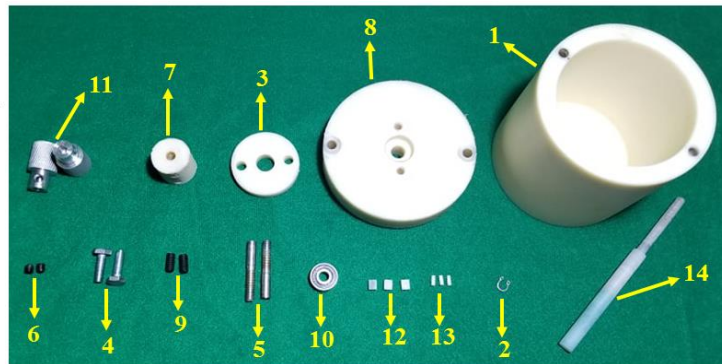


Imagen 121: Todas las partes del mezclador de paletas inclinadas maquinadas.

- 1.- Recipiente del mezclador
- 2.- Anillo de seguridad
- 3.- Tapa del rodamiento
- 4.- Tornillo de la sujeción de la tapa del rodamiento
- 5.- Vástago roscado
- 6.- Opresor para la sujeción del vástago
- 7.- Acoplamiento
- 8.- Tapa del mezclador
- 9.- Opresor para la sujeción de ejes
- 10.- Rodamiento
- 11.- Cabeza de tornillo
- 12.- Paleta
- 13.- Cilindro pequeño
- 14.- Eje del mezclador

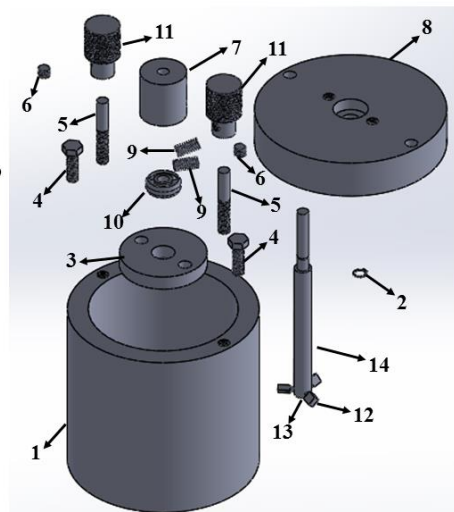


Imagen 122: Todas las partes del mezclador de paletas inclinadas diseñadas.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Seguidamente se empezó a realizar el ensamble de cada una de las piezas del mezclador de paletas inclinadas donde se analizará brevemente cada una de las piezas que lo conforman donde primeramente se realizó el ensamble del agitador, donde este agitador fue una de las piezas con un cierto grado de complejidad, ya que el diseño del agitador se calculó y diseño, donde las piezas son muy pequeñas haciendo que la parte del maquinado demorara más de lo esperado ya que se tenía que dejar las piezas a la medida precisa con respecto a los cálculos pertinentes realizado, para que de ese manera de pueda tener un agitador con un óptimo desempeño.

En la Imagen 123a se muestra 3 piezas a emplear para iniciar con el ensamblado del eje del mezclador, que son el rodamiento, el eje principal del agitador y el anillo de seguridad, donde este último es una pieza importante, donde anteriormente en la parte del diseño se explicó que será empleado para poder sujetar el rodamiento de bolas rígidas en el eje principal del agitador tal y como se muestra en Imagen 123b e Imagen 123c cabe destacar que para emplear este anillo de seguridad se realizó una fisura en el eje principal del agitador, donde de igual forma se explicó en la parte del diseño, en el cual al momento de realizar la fisura en el torno convencional existió complicaciones para realizarlo ya que tenía que ser muy precisa la fisura para poder asegurar el rodamiento en el eje principal del agitador para así evitar un pésimo desempeño del agitador o alguna ruptura prematura, de tal manera que para poder colocar el anillo de seguridad fue necesario utilizar unas pinzas para anillos de seguridad para facilitar un poco más al situar el anillo de seguridad de forma adecuada, donde se unió primero el rodamiento en el eje principal del agitador y acto seguido se colocó el anillo de seguridad para tener una parte del agitador ensamblado.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

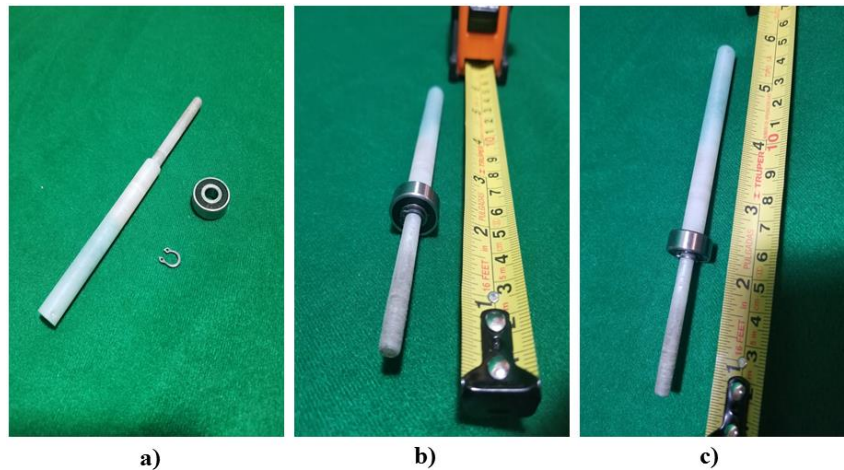


Imagen 123: a) partes del eje principal del mezclador, b) Ensamble del eje principal de agitador vista frontal, c) Ensamble del eje principal de agitador vista superior.

Acto seguido de haber obtenido una parte del agitador ensamblado, se empleó la tapa del mezclador para seguir con el ensamblado donde el eje del agitador fue colocado en el centro de tapa tal y como se muestra en la Imagen 124a, donde la tapa del mezclador paso por varias etapas como cilindrado donde se realizaron diferentes tipos de programas y subprogramas en la plataforma de Mastercam y en la misma máquina de CNC para obtener la pieza maquinada con respecto a su geometría tal cual se diseñó, donde se tuvo que tener mucho cuidado al momento de realizar los barrenos ya que estos son de gran consideración para poder mantener el mezclador de paletas inclinadas cerrado, donde fue necesario utilizar un indicador de centro para tener una precisión al momento de generar las diferentes tipos de operaciones, donde una de la más compleja es el roscado interno ya que si no se realiza de una manera adecuada se tendría complicaciones al momento de hacer el ensamble obligando a tener que realizar la pieza de nuevo.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

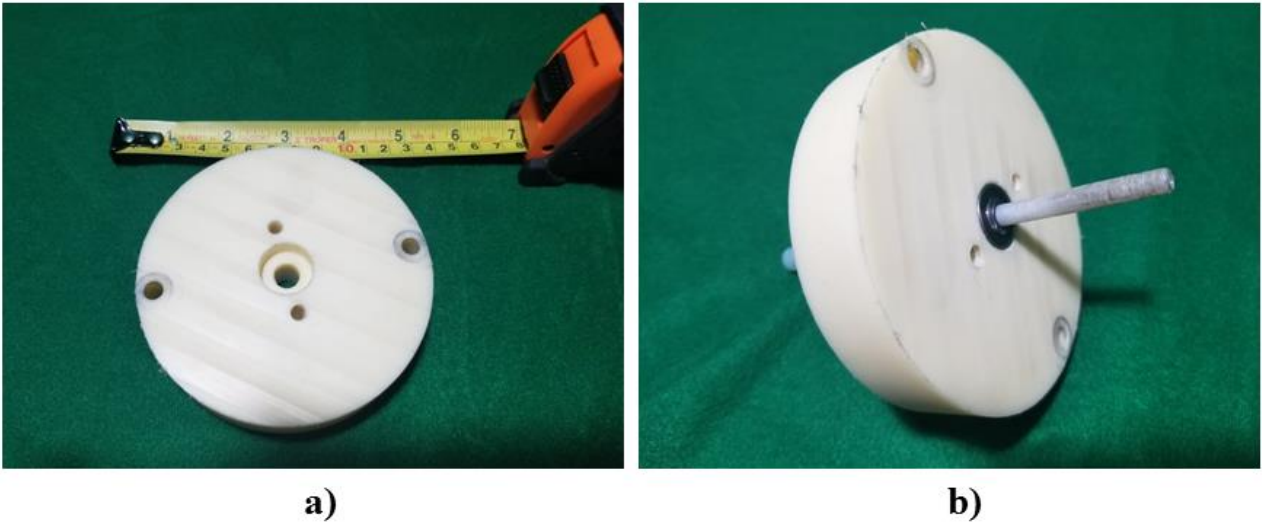


Imagen 124: a) Tapa del mezclador, b) Tapa y eje del agitador ensamblado.

Una vez colocado el eje del agitador en el centro de la tapa tal y como se muestra en la Imagen 124b ,se situó la tapa del rodamiento en la tapa del mezclador tal y como se muestra en la Imagen 125a, donde de igual manera que la tapa del mezclador, se tuvo complicaciones con el maquinado de la tapa del rodamiento ya que esta paso por varias etapas de maquinado y de emplear una vez más el indicador de centro para poder tener más precisión en las operaciones del barrenado, permitiendo tener la geometría adecuada conforme al diseño y de tal manera no tener complicaciones con el ensamblado, finalmente la tapa fue asegurada con los tornillos tal y como se muestra en la Imagen 125c.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

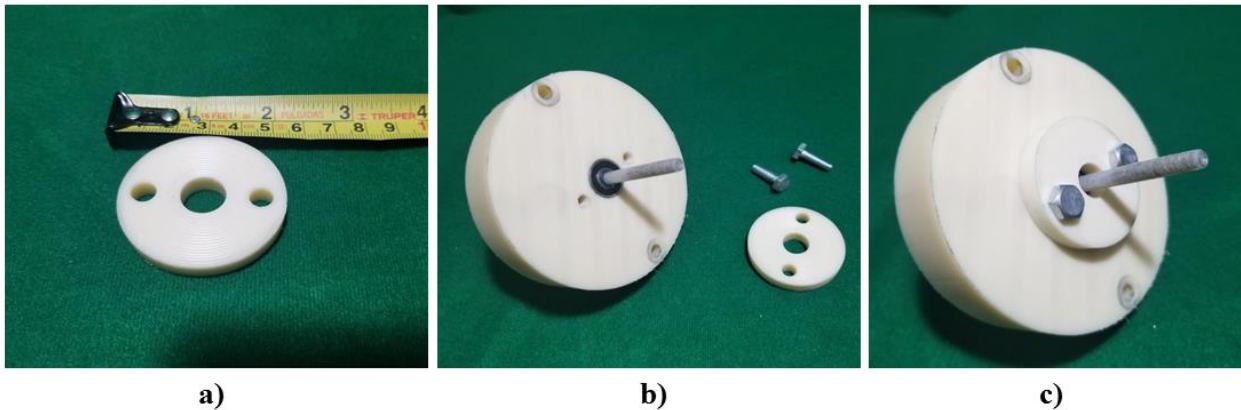
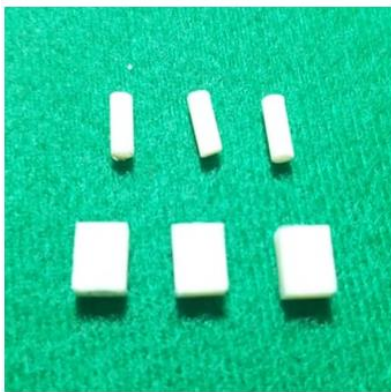


Imagen 125: a) Tapa del rodamiento, b) Las piezas para realizar el ensamble, c) Ensamble de la tapa terminado.

Después de haber colocado la tapa del rodamiento y asegurarla con los tornillos, fue situada la estructura que conforma el agitador de paletas inclinadas, donde están conformada por 6 piezas tal y como se muestra en la Imagen 126a, estas piezas son las paletas y los cilindros pequeños, donde para realizar el maquinado de estas piezas se tenía que realizar un subprograma en la fresadora CNC sin embargo la espera para obtener las piezas se postergo más de lo planeado, ya que también se empleó el indicador centros en las paletas, ya que se tenía que dejar a las dimensiones calculadas y poder realizar el barrenado que fungirá para unir la paleta al cilindro pequeño, estos cilindros pequeños también se hicieron en la fresadora CNC ya que por ser tan pequeños no se podía realizar un cilindrado en el torno porque podría causar una ruptura prematura al momento de meter la herramienta de corte. Por consiguiente, fue armada la estructura del agitador y colocada en el eje del principal de agitador, donde con un adhesivo se pegaron las paletas con una inclinación no mayor a 45° tal y como se muestra en la Imagen 126c e Imagen 127. Y de tal manera se tenía armada 2 de las 3 partes principales del mezclador que son la tapa del recipiente y el agitador del mezclador.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



a)



b)



c)

Imagen 126: a) cilindros pequeños y paletas, b) ensamble de las peltas y los cilindros pequeños, c) Mostrando la estructura del agitador montado al eje con las paletas inclinadas a una inclinación no mayor a 45° .

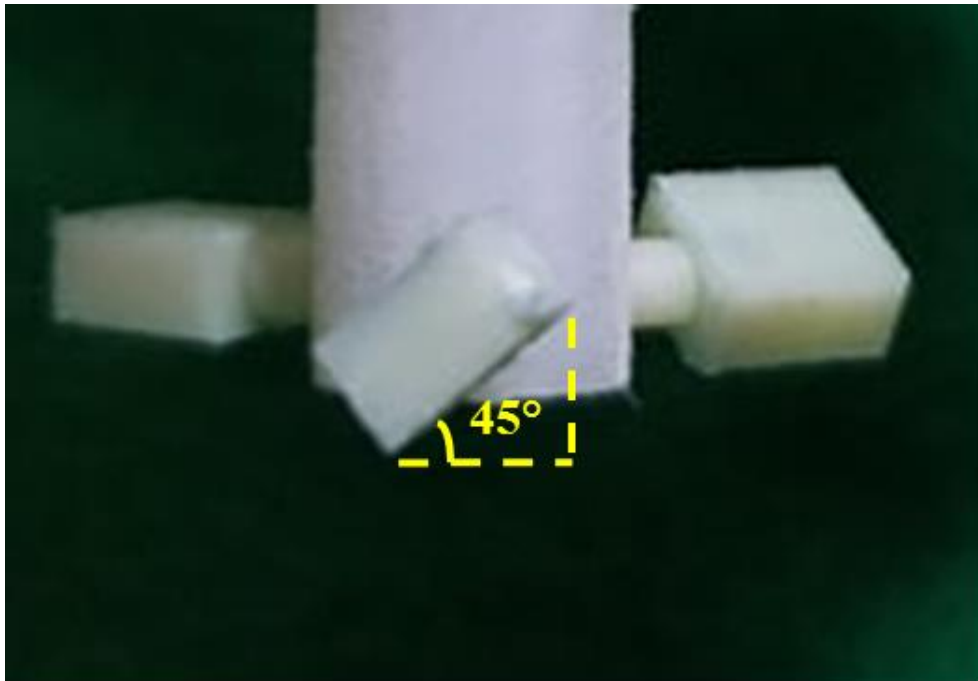


Imagen 127: Paleta inclinadas cercana mostrando la inclinación que debe de tener de 45°



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Una vez teniendo el ensamble del mezclador casi culminado, se empezó a realizar a ensamblar los tornillos que fungirán para mantener cerrado el mezclador, donde en la sección del diseño fueron diseñadas 3 piezas tal y como se muestra en la Imagen 128a que son el vástago roscado, la cabeza del tornillo y el opresor para sujetar el vástago roscado cabe destacar que el vástago roscado se obtuvo de un tornillo, donde sin con un arco son segueta fue retirada la cabeza del tornillo para obtener el vástago roscado, sin embargo la pieza que se diseñó y maquino fue la cabeza del tornillo, donde se realizó en el torno convencional donde su proceso de manufactura no fue tan sencillo como se observa la pieza ya que se realizaron 3 operaciones que fueron el cilindrado, el barrenado y por último se realizó el moleteado en la pieza generando una acabado superficie en la pieza para que pueda ser fácil de abrir y cerrar el mezclador sin necesidad de utilizar algún tipo de llave. Cabe señalar que para sujetar el vástago roscado en la cabeza del tornillo se realizó un barrenado y posteriormente se realizó un roscado interno donde con un opresor se sujetaría el vástago tal y como se observa en la Imagen 128b.



Imagen 128: a) Las 3 partes que conforman al tornillo, b) Ensamblado el tornillo que fungirá para mantener cerrado el mezclador.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Finalmente para concluir con el ensamblado del mezclador solo quedaba cerrar el mezclador utilizando el recipiente tal y como se muestra en la Imagen 129a, donde este recipiente a pesar de tener una geometría no tan compleja el poder hacer el maquinado dilato más de lo esperado ya que se realizó un cilindrado interno en el torno CNC para obtener la pieza, donde el inconveniente que se tuvo fue el atascamiento de la rebaba adentro de la pieza, ya que constantemente se tuvo que parar el proceso de cilindrado para poder quitar la rebaba. Otro punto importante a considerar es que se empleó el indicador de centro para obtener el centro de la pieza y de tal manera hacer los barrenos para posteriormente realizar el roscado interno dando como resultado la pieza del recipiente finalizada, dilatando mucho la obtención de la pieza sin embargo se obtuvo tal cual fue diseñada donde se colocó la tapa ensamblada con el eje principal en el recipiente y para mantener cerrado el recipiente se colocó los tornillos que anteriormente fueron ensamblados, dando como concluido el ensamble del mezclador finalizado tal y como se observa a en la Imagen 129b.



a)



b)

Imagen 129: a) Las 3 partes principales del mezclador, b) El mezclador de paletas inclinadas ensamblado.

Para dar como concluido el ensamblado del mezclador de paletas inclinadas, fue colocado el acoplamiento en el eje del agitador tal y como se muestra en la Imagen 130a, este acoplamiento fue maquinado en la fresadora CNC donde para su obtención simplemente se realizó un subprograma en la máquina para poder obtener la pieza de forma cilíndrica y acto



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

seguido se realizó el barrenado y para generar un roscado interno con un machuelo para poder emplear los opresores y de esa manera puedan sujetar y unir el eje del agitador y el eje del motor y de esa manera queda como terminado el ensamblado del mezclado de paletas inclinadas tal y como se muestra en la Imagen 130b.



a)



b)

Imagen 130: a) el acoplamiento y opresores, b) El mezclador de paletas inclinadas listo para su uso.

Ahora bien, teniendo el mezclado de paletas inclinadas diseñado, maquinado y ensamblado se infiere a que este mezclador es de fácil ensamblado, ligero, resistente y fácil de limpiar, donde estas son algunas de sus características significativas del mezclador de paletas inclinadas cabe señalar que el haber seleccionado el Nylamid como material para su fabricación favorece el uso del mezclador de paletas inclinadas ya que por ser ligero es fácil de transportar aparte de no tener corrosión por el uso alargando su vida útil, y haciendo prácticamente nulo su mantenimiento.

En la Imagen 131 se muestra una comparación del diseño realizado en el software SolidWorks y el mezclador de paletas inclinado, donde se obtuvieron los resultados esperados, donde el tiempo de maquinado para la obtención del mezclador duro alrededor de 6 semanas ya que se tenía que realizaron los diferentes programas para obtener cada una de las piezas, sin embargo no se cometió ningún error al momento de maquinar las piezas y de



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

ese modo no se desechó material, pero en base a los conocimientos adquiridos, teniendo a la mano cada uno de los programas empleados y el material, el tiempo de entrega del mezclador de paletas inclinadas sería de 3 semanas.

Como trabajos futuros se podría implementar la utilización de placas deflectoras donde estas nos ayudara a realizar mezclado a altas RPM, otro punto a señalar es que se pudiera realizar diferentes tipos de agitadores, y de ese modo cambiar el agitador y obtener diferentes tipos de flujos ya sea axial, radial o tangencial según cual desee el operador.

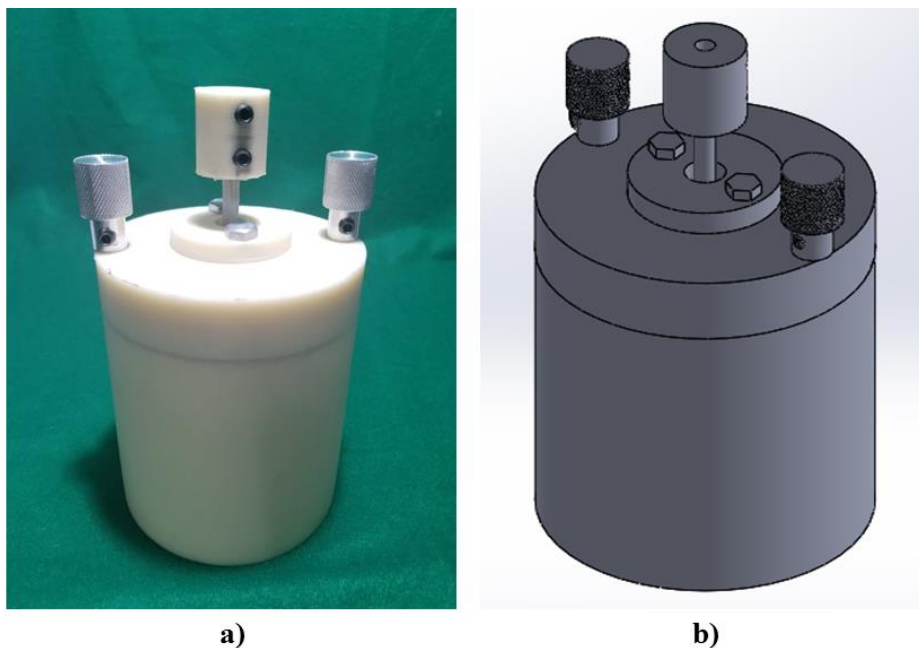
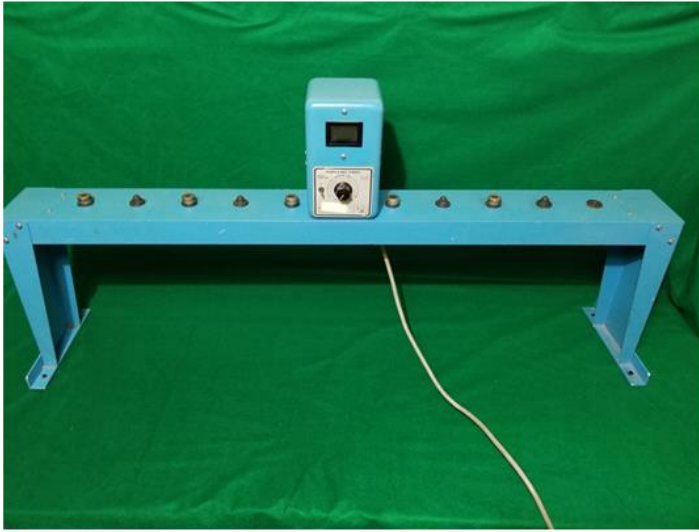


Imagen 131: a) Mezclador de paletas inclinadas maquinado, b) Mezclador de paletas inclinadas diseñado.

Para concluir con el mezclador de paletas inclinadas fue presentado en el motor tal y como se muestra en la Imagen 132a e Imagen 132b, donde se aseguró el eje del motor a emplear con el acoplamiento y de ese modo pueda transmitir la energía, de tal manera que el mezclador de paletas inclinadas queda finalizado y listo para empezar a realizar las diferentes tipos de mezclas.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas



a)



b)

Imagen 132: a) Motor para el mezclador, b) Presentando el mezclador de paletas inclinadas en el eje del motor.



8 CAPÍTULO: CONCLUSIONES

Con base a lo anterior se puede concluir la propuesta del diseño y manufactura de un mezclador estático de tipo brazo o paletas inclinadas resulta ser el más indicado para diseñar y manufacturar, donde se puede obtener mezclas homogéneas con sólido – líquido.

Diseño

Para el diseño del *impulsor / agitador* se tomó en cuenta el tipo de flujo (Radial/Axial) y las RPM (400 RPM max), el bajo costo y un eficiente proceso de manufactura. Además de la versatilidad del agitador y su geometría ya que esta permite ser utilizado de manera rápida y sencilla dando como resultado un mantenimiento mínimo y económico.

Con lo que respecta al diseño del mezclador seleccionado, se optó por uno de paletas inclinadas, se hicieron los cálculos de fuerza bajo las condiciones de operación y se realizó la simulación utilizando el software de SolidWorks con el que se obtuvo el modelado mecánico de las piezas en 3D y obtener los planos de cada pieza, cabe señalar que el mezclador consta de 3 elementos principales que son: Recipiente, Tapa, Agitador.

Inicialmente se diseñó el recipiente del mezclador, donde al obtener sus dimensiones se procedió a diseñar el agitador donde es de turbina tipo hojas inclinadas generando así un flujo axial/radial para que las partículas puedan mezclarse de una forma eficaz, cabe señalar que el eje del agitador girara a máxima 400 RPM para poder obtener un mezclado ya que de incrementar las RPM las partículas dentro del mezclador quedarían estancadas en el contorno del mezclador haciendo nulo el mezclado y teniendo que diseñar placas deflectoras para evitar el estancamiento, en base a las características y parámetros del agitador se determinó que constará de 3 cilindros que pequeños acoplados a un eje principal.

El diseño de la tapa del mezclador donde se consideró un sistema de rodamiento de bolas rígidas entre el eje del agitador y el centro de la tapa del mezclador para evitar momentos flexionantes en el agitado, evitar concentradores de esfuerzos y la ruptura prematura del eje del agitador.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

Material.

El material ideal con el que será realizado el mezclador será el de Nylamid donde fue utilizado el material en una presentación de forma cilíndrica con un diámetro de 114.3mm y un largo de 609.6mm ya que este tipo de material una vez que alcanza su forma final, resulta ser bastante resistente y difícil de degradar, muy ligero y resistente a la oxidación, aparte donde sus utilidades son variadas, y es el que comúnmente se utiliza en las industrias para realizar diferentes tipos de piezas mecánicas tales como: Engranajes, poleas, soportes, etc.

Proceso de manufactura

El proceso de manufactura que se propuso para obtener las piezas que conformaran el mezclador será mediante el proceso de remoción de material (Torno, Fresa y Taladrado) y Control Numérico Computarizado (CNC) ya que se manufacturaran piezas muy pequeñas y de realizar las piezas con algún otro proceso pudiera presentarse alguna fisura en las piezas obteniendo alguna ruptura prematura de las partes que conforman al mezclador, de tal manera se utilizaron cortadores, buriles, brocas y machuelos de dimensiones pequeñas para obtener la geometría del mezclador, cabe destacar que también se consideraron las RPM a las que se tenía que trabajar el material del Nylamid según el tipo de operación a realizar como barrenado, torneado y fresado.

De tal manera que se realizó el diseño del mezclador y determino el proceso de manufactura a emplear para obtener las piezas, se obtuvo un total de 14 piezas que lo conformaran, de las cuales se pueden resumir que son 3 piezas principales que son, Recipiente, Agitador y Tapa.

Prototipo

El prototipo que se obtuvo fue un mezclador de paletas inclinadas con una altura de 119mm y un diámetro de 103mm donde su volumen del mezclador es de 991cm^3 , este mezclador tiene un tiempo de manufactura de alrededor de 3 semanas, realizando jornadas de 8 horas diarias 5 días a la semana, donde las horas hombre es alrededor de 50% y las horas maquinas son del 50% con respecto a las 3 semanas considerando que ya se tiene el diseño del mezclador, el material de Nylamid, las herramientas de corte, programas y subprogramas para el torno y fresadora de control número computarizado, cabe señalar que este mezclador tiene un costo de \$10,000.00 pesos donde este precio ya incluye las 14 piezas que lo



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

conforman con el material, mano de obra y el proceso de manufactura, donde en el proceso de manufactura se trató de remover lo menos posible de material, ya que si existiera algún error o alguna ruptura prematura en las piezas se volviera a realizar el maquinado sin desperdiciar tanto material y aparte de seguir utilizando el Nylamid de la presentación cilíndrica con la que se inició.

Trabajos futuros

Como trabajos futuros se podría implementar la utilización de placas deflectoras donde estas nos ayudaran a realizar el mezclado a altas RPM, otro punto a señalar es que se pudiera realizar diferentes tipos de agitadores y de ese modo cambiar el agitador y obtener diferentes tipos de flujos ya sea axial, radia o tangencial según cual desee el operador.

De manera general el haber realizado este trabajo de tesis me ha brindado obtener nuevos conocimientos y habilidades que me ayudaran para emplearlos en el ámbito laboral y poder estudiar una maestría, realmente fue una muy buena decisión el haber realizado el trabajo de tesis donde emplee los conocimientos adquiridos de las diferentes asignaturas que tiene el mapa curricular de la carrera ingeniería mecánica.

El realizar este trabajo de tesis, también le doy las gracias a mi tutor y al cuerpo académico de Optimización de Sistemas Mecánicos por ayudarme en todo momento y compartirme cada uno de sus conocimientos, y que invito a mis compañeros a realizar un trabajo de tesis, si en algún momento quisieran estudiar alguna maestría o posgrado.



9 CAPÍTULO: REFERENCIAS

1. Acebes, C. (2015). El Aluminio. 2005, 1–16. Recuperado de <http://ocw.usal.es/eduCommons/enseanzas-tecnicas/materiales-ii/contenidos/METALES 2.pdf>
2. Aluminio. (2013). Recuperado de <http://ir.obihiro.ac.jp/dspace/handle/10322/3933>
3. Aronson, R. B. (2004). *Manufacturing Engineering*.
4. Asachi, M., Nourafkan, E., & Hassanpour, A. (2018). A review of current techniques for the evaluation of powder mixing. *Advanced Powder Technology*, 29(7), 1525–1549. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2018.03.031>
5. Askeland, D. R. (1998). *Ciencia e Ingenieria de los Materiales*. (I. T. E. S. . de C.V, Ed.) (3ra Edicio). Mexico.
6. Atiemo-Obeng, V. A., & Calabrese, R. V. (2004). *Handbook of Industrial Mixing. Handbook of Industrial Mixing*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/0471451452.ch8>
7. Bauman, I. (2001). Solid-solid mixing with static mixers. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 15(4), 159–165.
8. Boothroyf, G. K. (s/f). *Fundamental of Metal Machining and Machine tools*. (M. Dekker, Ed.) (2da Edicio). Nueva York.
9. Budynas, Richard G. Nisbett, K. J. (2014). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. Igarss 2014*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
10. Características del Acero. (s/f). Recuperado el 24 de marzo de 2019, de <https://www.caracteristicas.co/acero/>



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

11. Características del Plástico. (s/f). Recuperado el 24 de marzo de 2019, de <https://www.caracteristicas.co/plastico/>
12. Dante, Z. L. P. (2016). *Diseño de un Mezclador Estático que Permitirá Producir una Mezcla de Combustibles en el AICM*. Universidad Nacional Autónoma de México.
13. Degarmo, E.P., Black, J.T & Kohser, R., & A. (2003). *Materials and Processes in Manufacturing*.
14. Erwing, K. (s/f). *Matemáticas avanzadas para ingenieros* (3ra Edición).
15. Fan, L. T., Chen, S. J., & Watson, C. A. (1970). Solids Mixing. *Industrial and Engineering Chemistry*, 62(7), 53–69.
<https://doi.org/10.1021/ie50727a009>
16. Ferrer, C. (2003). *Tecnología de Materiales*. (Alfaomega, Ed.).
17. Frank, M. white. (2004). *Mecánica de Fluidos*. (Mc Graw-Hill, Ed.) (5ta Edición). España.
18. Gordillo, A. E. T. (2013). *Diseño, Construcción y Puesta en Funcionamiento de una Máquina Mezcladora para la Producción de Pinturas Plastisol*. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.
<https://doi.org/1541-8561>
19. Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. (McGraw-Hill, Ed.) (Tercera ed). Mexico D.F.
20. Harby, N & Edwards, N. F. (2001). *Mixing in the process industries*. (B. –Heinemann, Ed.) (2da Edición).
21. Hidalgo, A. I. B. ;, & Ordóñez, A. G. C. (2012). *Diseño de una Línea de Producción de Fertilizantes Pulverizados Usando Molino de Pines*. Facultad De Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción.
22. Israelsson, J. & P. S. (2000). *Manufacturing Engineering*.



Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

23. Kalpakjian, S & Schmid, R. (2003). *Manufacturing processes form Engineering Materials*.
24. Maquinado de elementos. (2016). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=EjkvPLNgj0oEdwards>
25. Newell, J. (s/f). *Ciencia de Materiales Aplicados en Ingeniería*. (Alfaomega, Ed.). Mexico D.F.
26. Nylamid, E. (s/f). Propiedades Del Nylamid XI (Verde).
27. Orellana, E. (2006). *Calculo computacional de la dinámica de fluidos de un mezclador a través del software "fluent"*. Facultad de Ingeniería. Universidad del Bio-Bio.
28. Oribe, D. G. (2006). *Compactación en Caliente de Polvo de Zinalco*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
29. Ozols, A. (1998). *Producción y Caracterización de Polvos Metálicos Obtenidos por Atomización y Enfriado Rápido*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Obtenidos por Atomización y Enfriado Rápido.
30. Paravisc, E., Paravisc, E., Paravisc, E., & Paravisc, E. (s/f). Diseño de la agitación, *01(4)*, 1–122.
31. Propiedades del Aluminio. (s/f).
32. Propiedades y Características del Aluminio. (s/f). Recuperado de <https://grupos.unican.es/gidai/web/asignaturas/CI/Aluminio.pdf>
33. Robert, L. M. (2006). *Mecánica de Fluidos*.
34. Shackelford, J. . F. (s/f). *Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros*. (M. Hill, Ed.) (6ta Edicio).
35. Simon Mata, A. B. (2005). *Ideas Basicas de Estatica y Resistencia de Materiales*. (Anaya, Ed.).
36. Theron, F. & L. S. N. (2011). Comparison between three static mixers



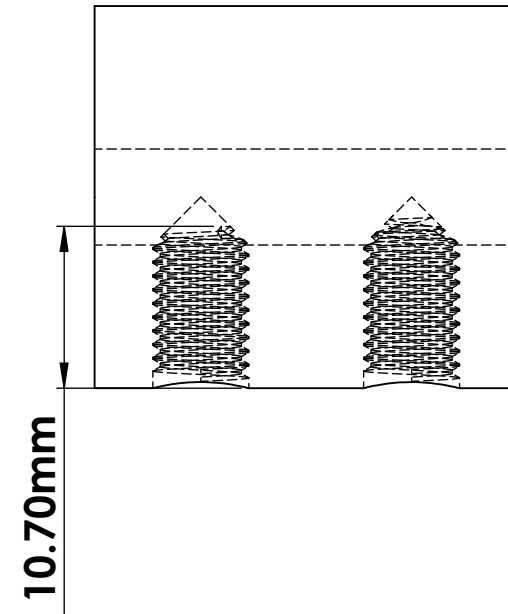
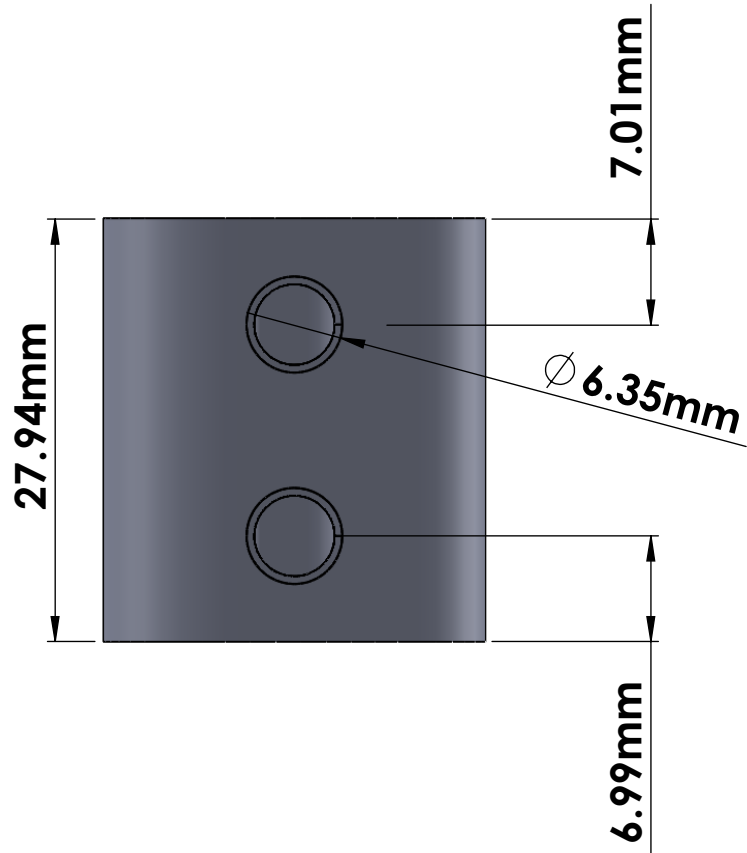
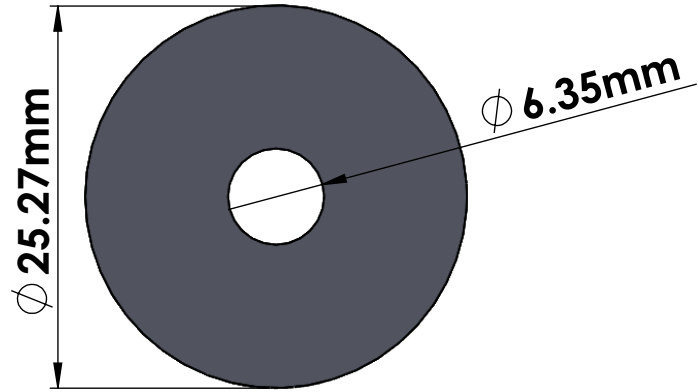
Diseño y Manufactura de un Mezclador de Paletas Inclinadas

for emulsification in turbulent flow. *Laboratoire de Génie Chimique*.

37. Tipos de Acero. (s/f). Recuperado el 31 de octubre de 2019, de <http://tecnologiautrillas.ftp.catedu.es/materiales/web4.htm>
38. Tipos de mezclas químicas | WebDelProfe.com. (2017). Recuperado el 12 de marzo de 2019, de <https://www.webdelprofe.com/tipos-de-mezclas-quimicas/>
39. Trent, E. . & W. P. K. (2000). *Metal Cutting*.
40. Uribe, V. C. (2013). *Diseño y Cálculo de un Agitador de Fluidos*.
Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecánica.
41. Willian, F, S. & J. H. (s/f). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. (M. Hill, Ed.) (4ta Edición).



ANEXO



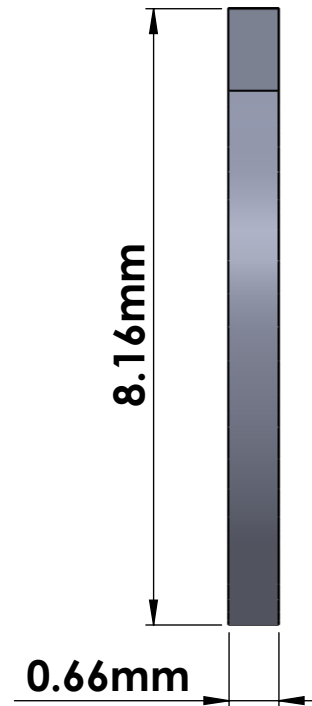
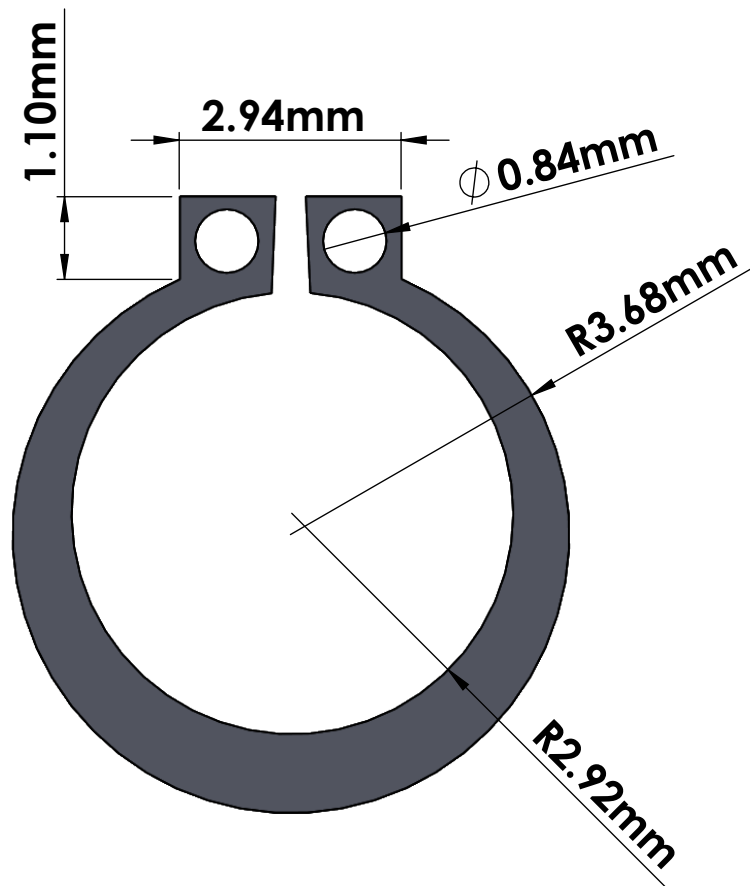
NOMBRE DE LA PIEZA:

Acoplamiento

AUTOR: Jesus Francisco

Alvarado Mendoza

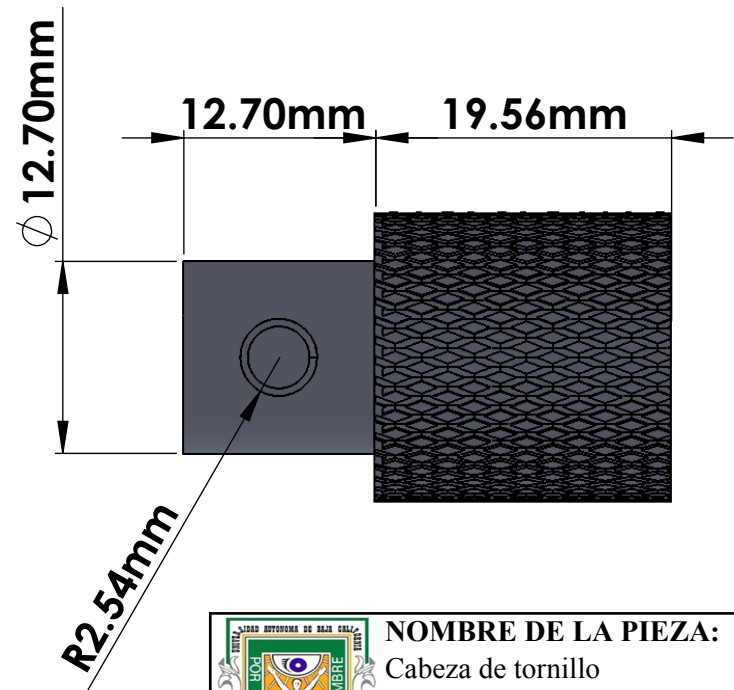
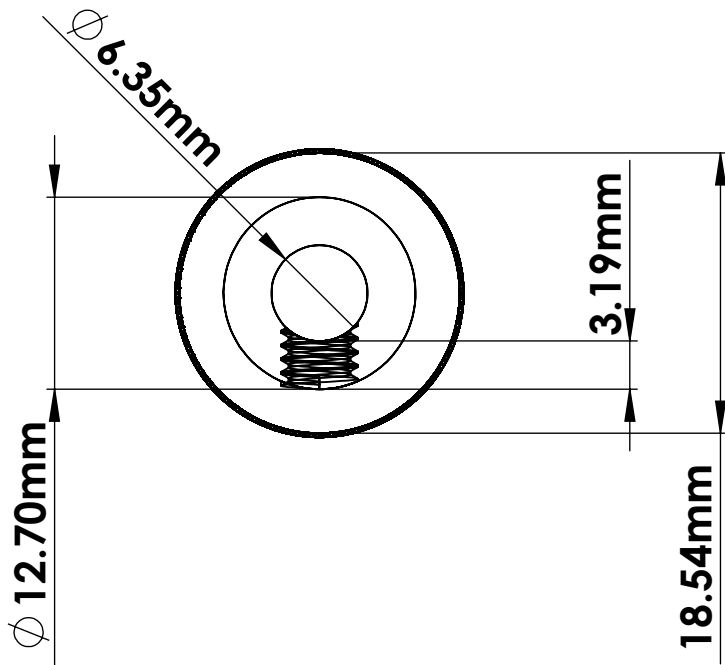
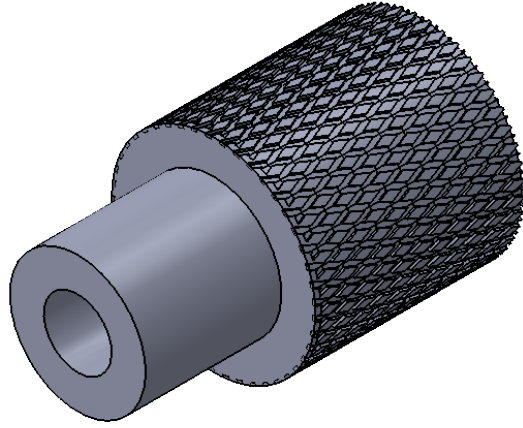
UNIDADES: mm



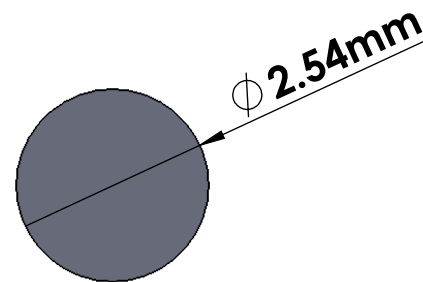
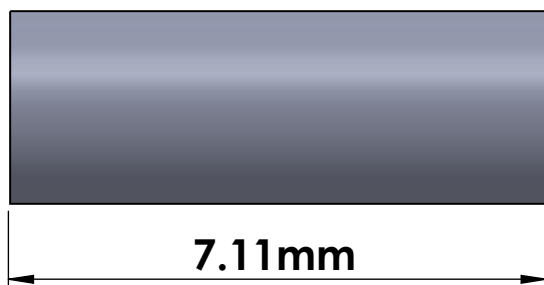
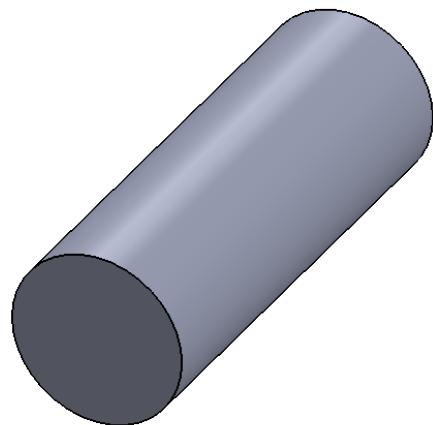
NOMBRE DE LA PIEZA: Anillo de seguridad

AUTOR: Jesus Francisco Alvarado Mendoza

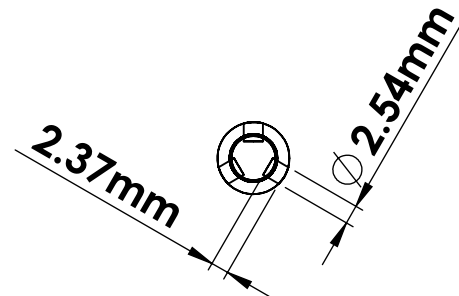
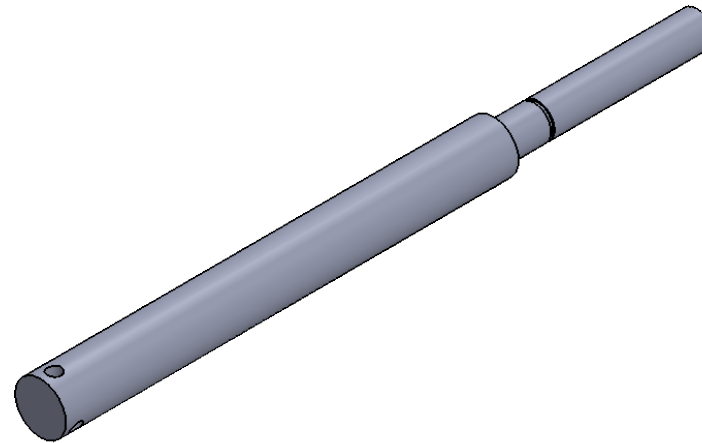
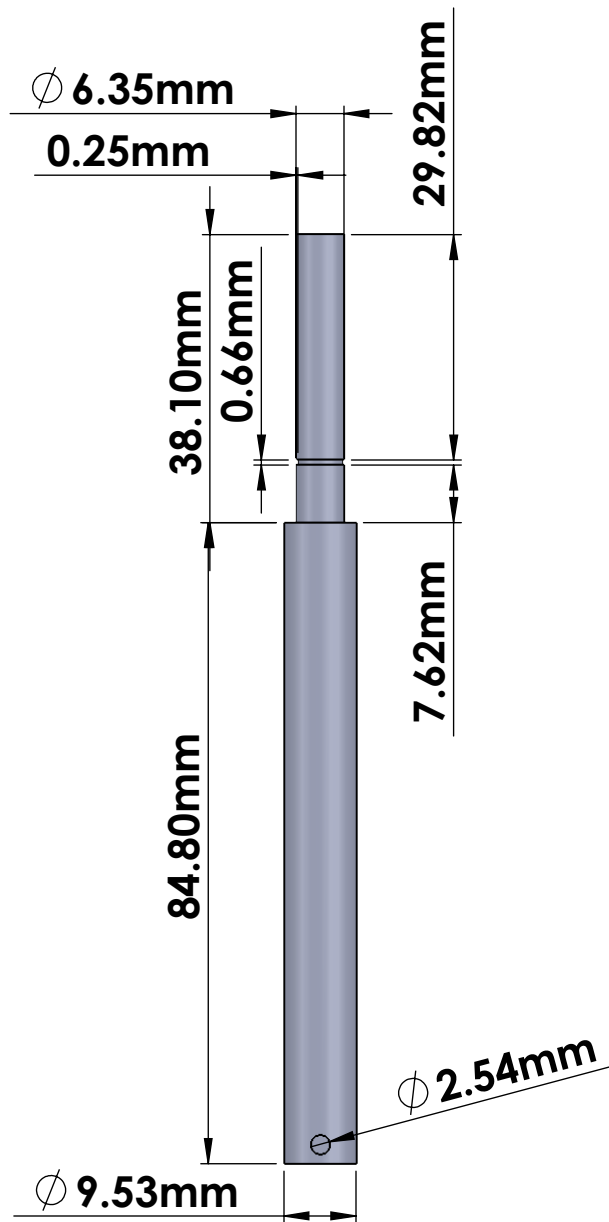
UNIDADES: mm



NOMBRE DE LA PIEZA:
Cabeza de tornillo
AUTOR: Jesus Francisco
Alvarado Mendoza
UNIDADES: mm



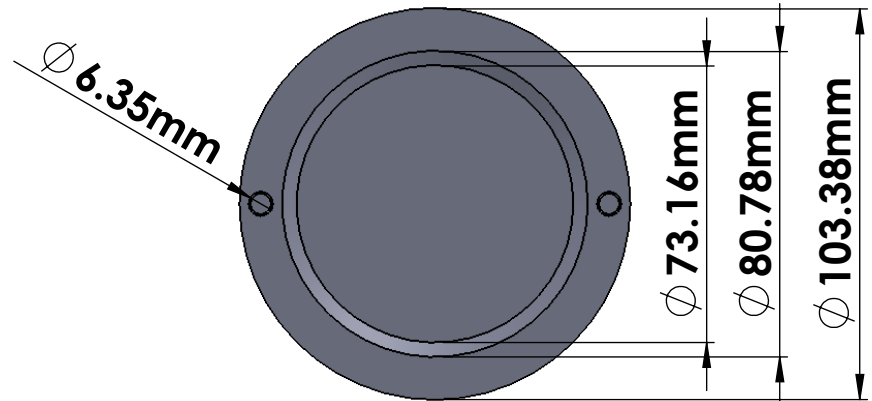
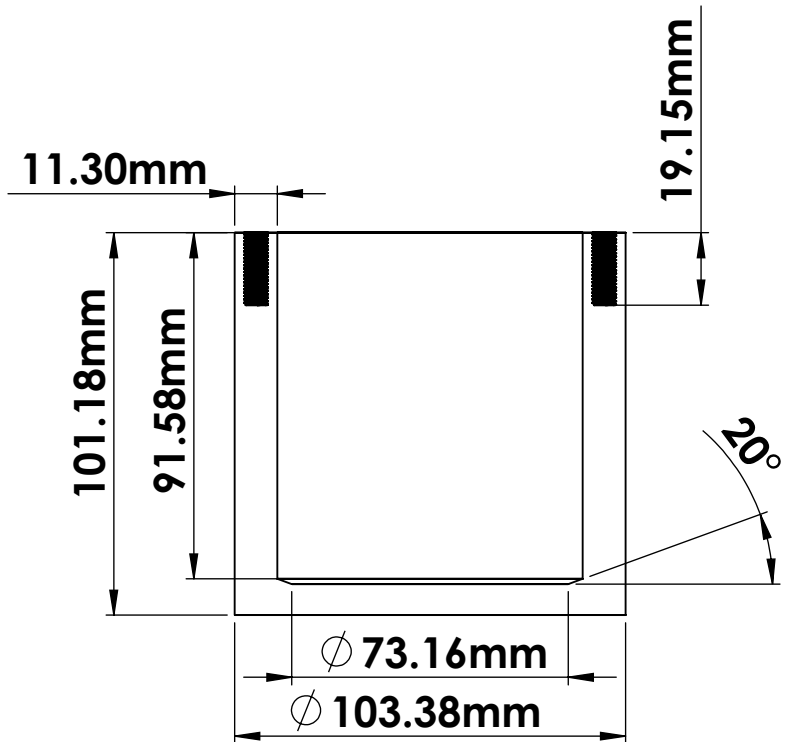
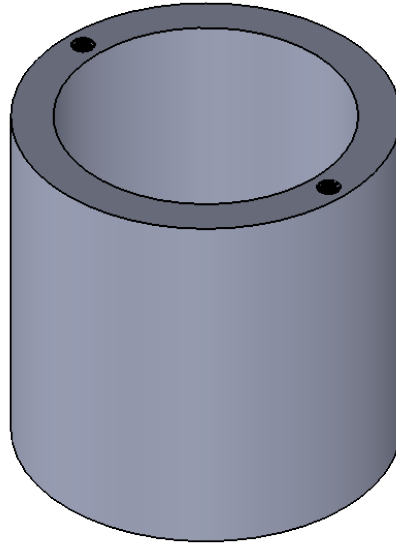
NOMBRE DE LA PIEZA:
Cilindro pequeño
AUTOR: Jesus Francisco
Alvarado Mendoza
UNIDADES: mm



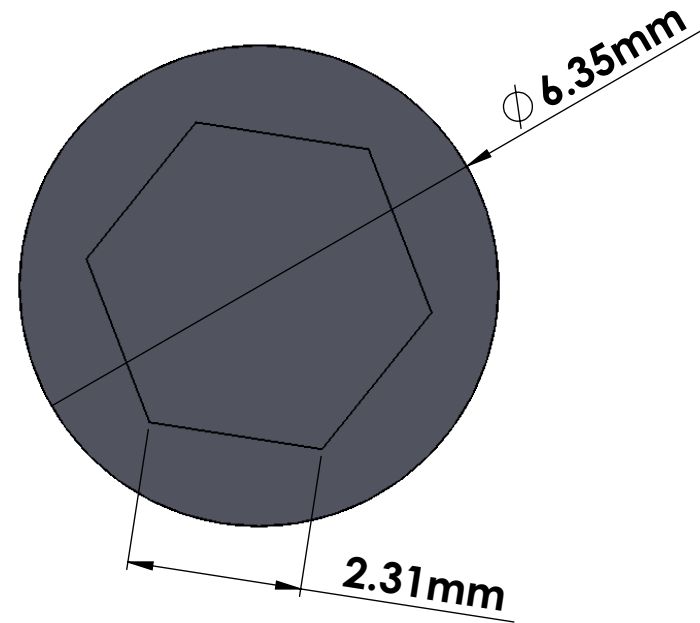
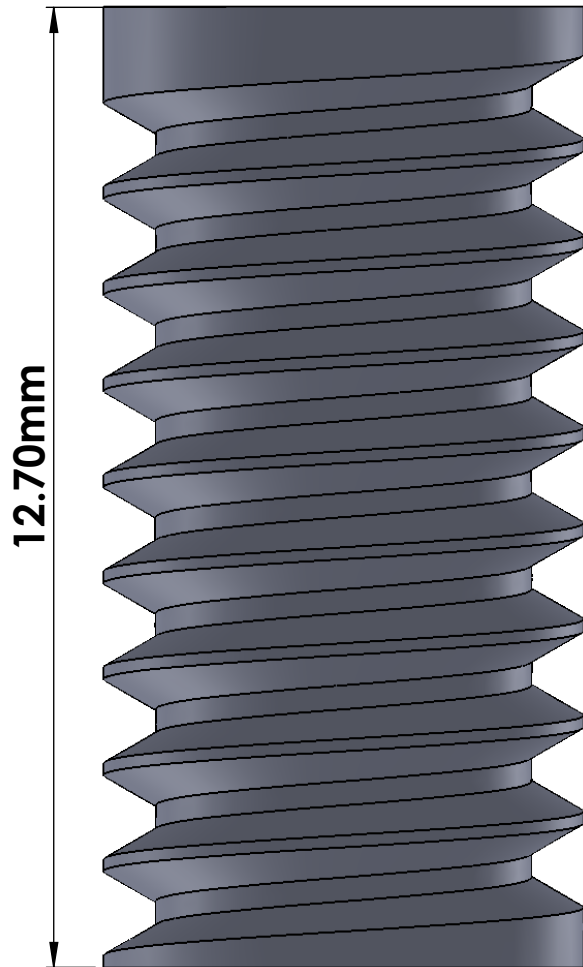
NOMBRE DE LA PIEZA: Eje principal de agitador

AUTOR: Jesus Francisco Alvarado Mendoza

UNIDADES: mm



NOMBRE DE LA PIEZA:
Recipiente del mezclador
AUTOR: Jesus Francisco
Alvarado Mendoza
UNIDADES: mm



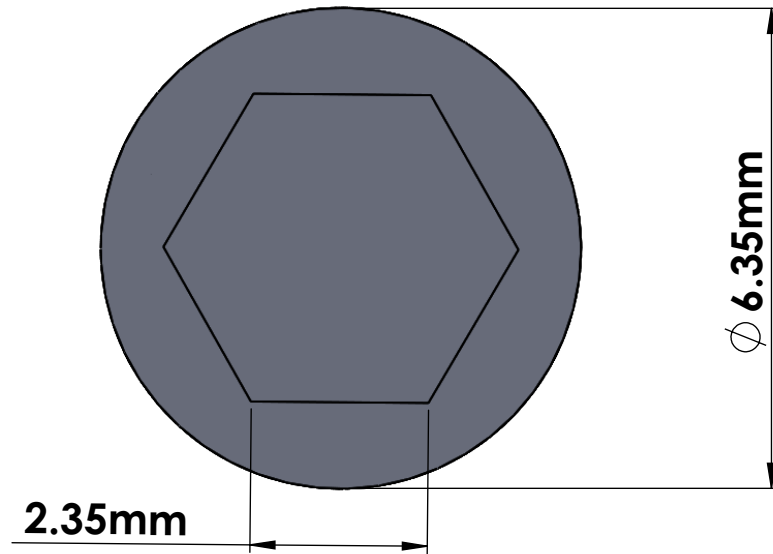
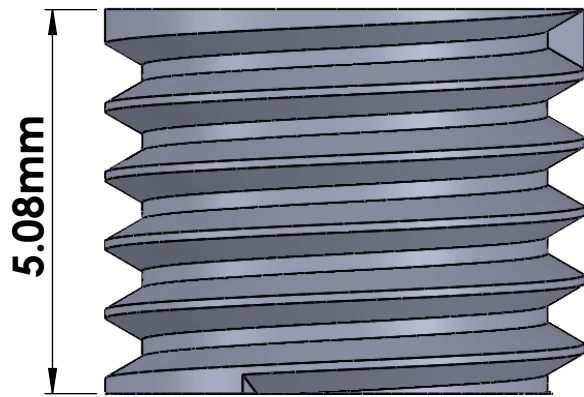
NOMBRE DE LA PIEZA:

Opresor del acoplamiento

AUTOR: Jesus Francisco

Alvarado Mendoza

UNIDADES: mm



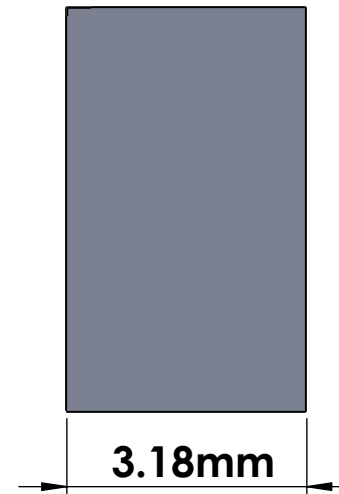
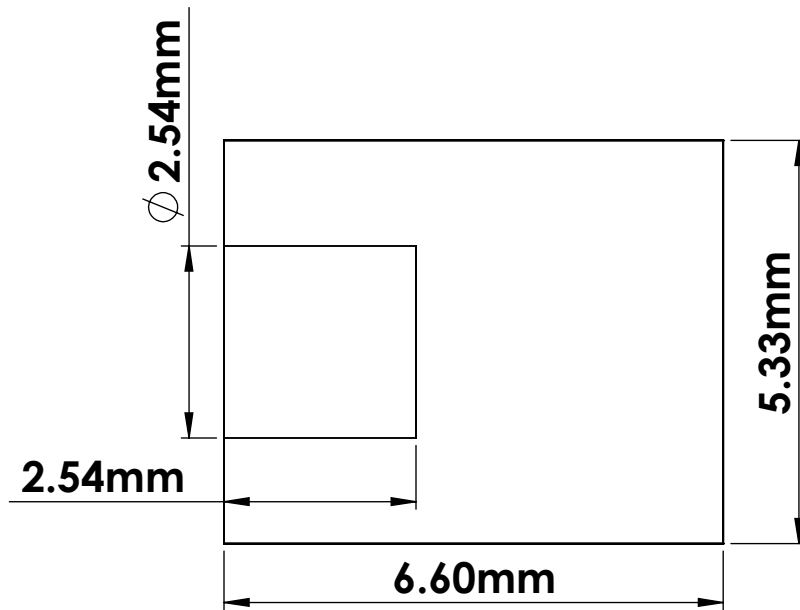
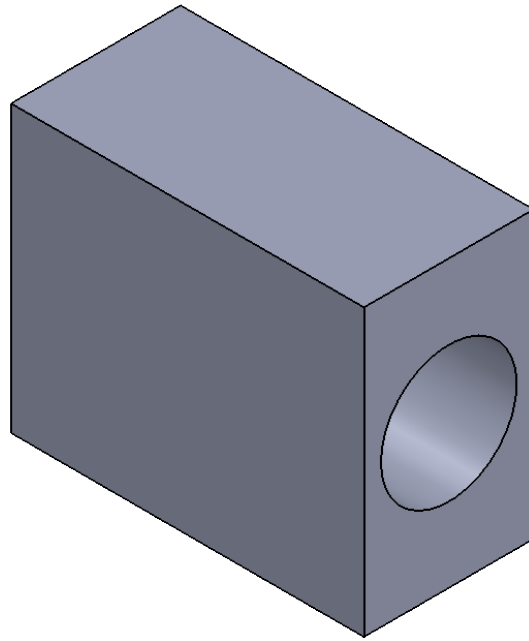
NOMBRE DE LA PIEZA:

Opresor del vástago roscado

AUTOR: Jesus Francisco

Alvarado Mendoza

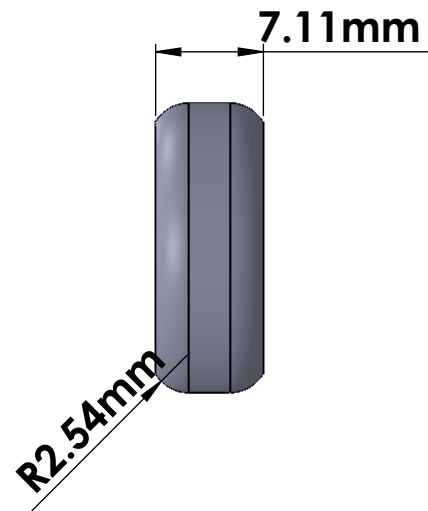
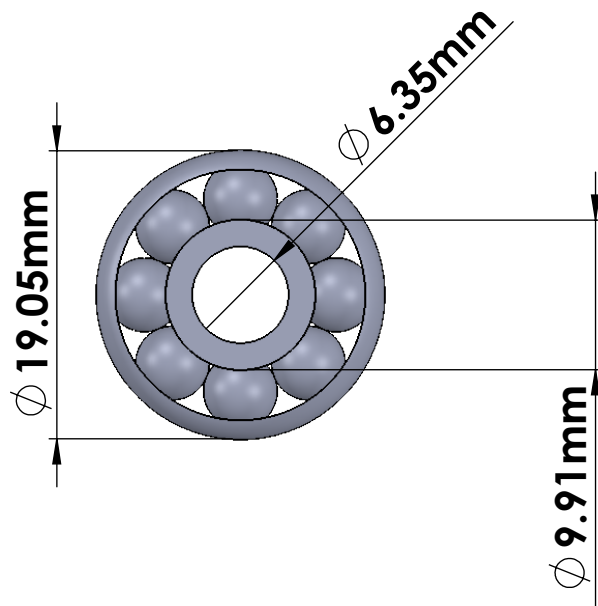
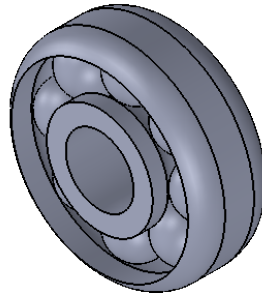
UNIDADES: mm



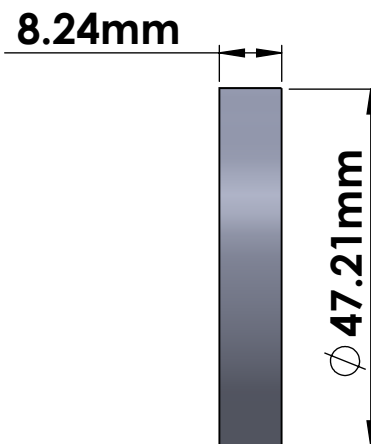
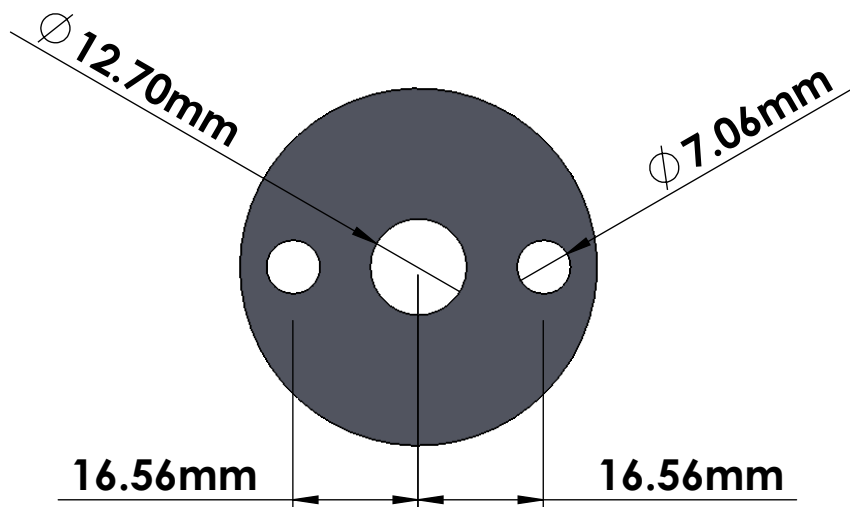
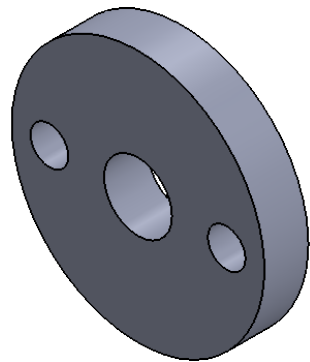
NOMBRE DE LA PIEZA: Paleta

AUTOR: Jesus Francisco
Alvarado Mendoza

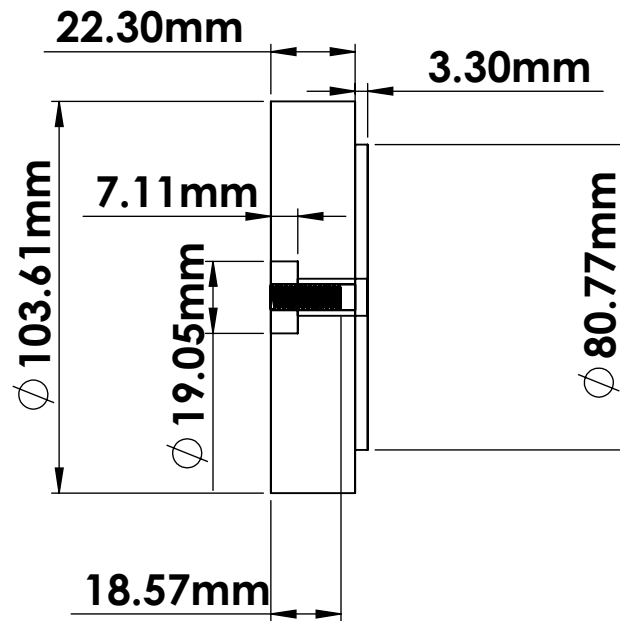
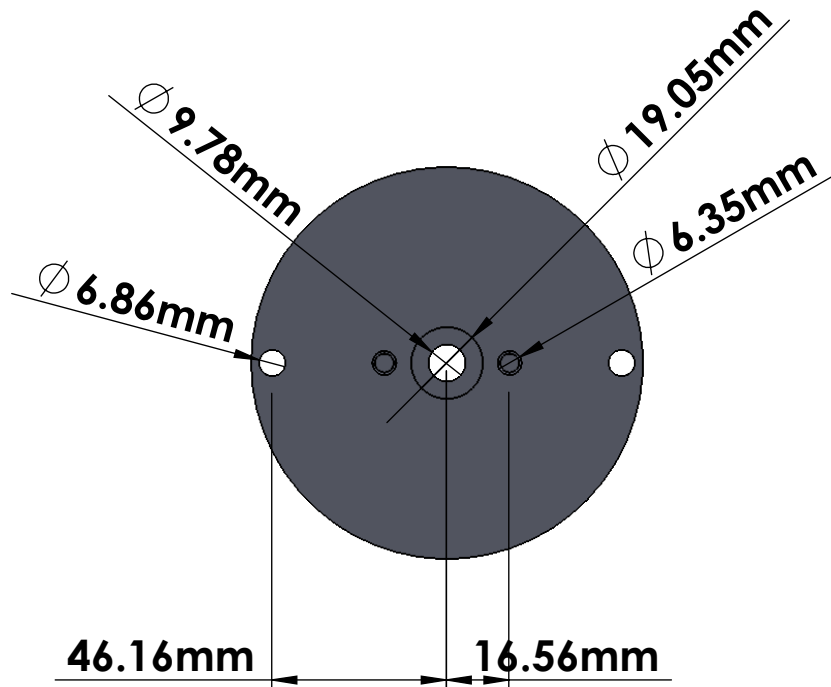
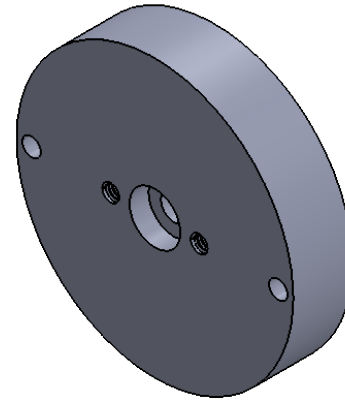
UNIDADES: mm



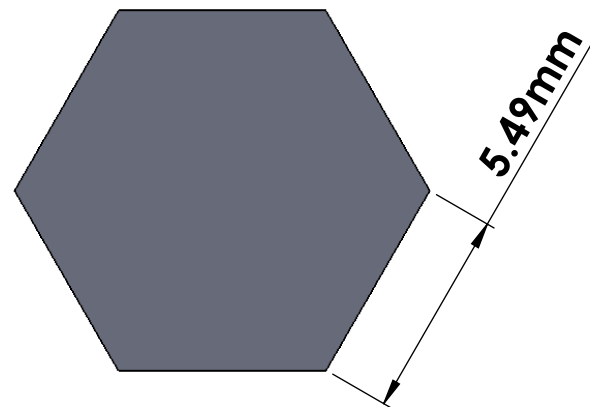
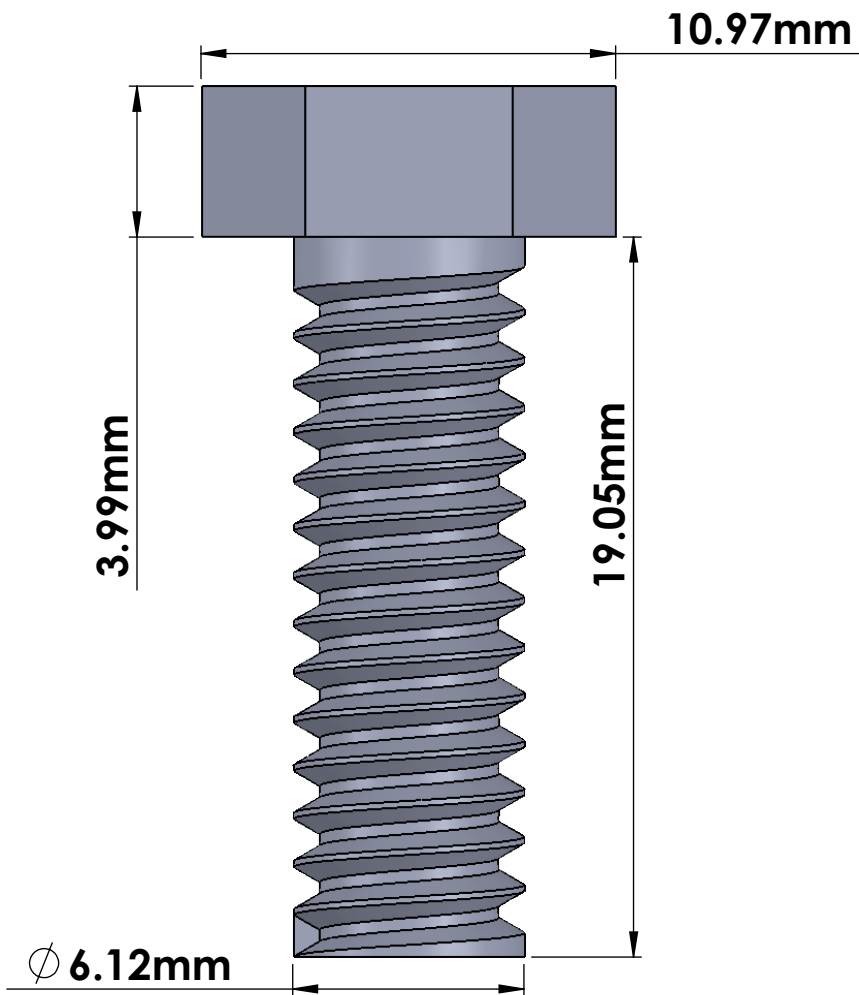
NOMBRE DE LA PIEZA:
Rodamiento de bolas rigidas
AUTOR: Jesus Francisco
Alvarado Mendoza
UNIDADES: mm



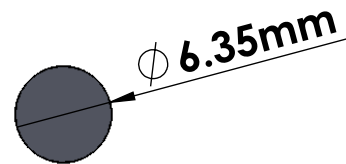
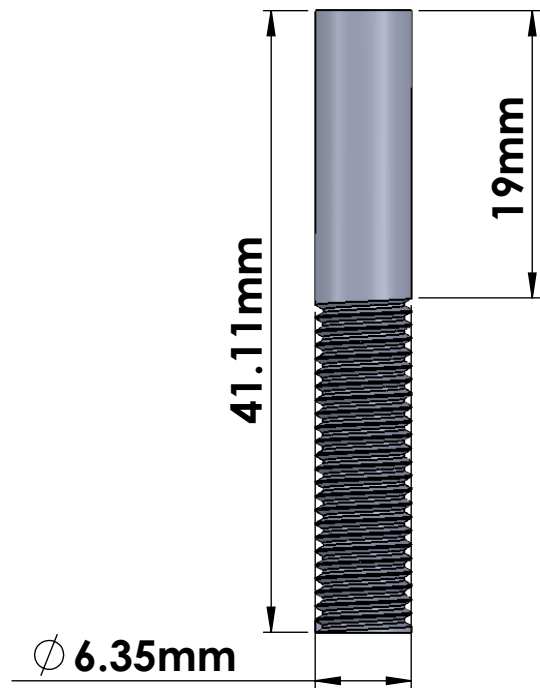
NOMBRE DE LA PIEZA: Tapa del rodamiento
AUTOR: Jesus Francisco Alvarado Mendoza
UNIDADES: mm



NOMBRE DE LA PIEZA: Tapa del mezclador
AUTOR: Jesus Francisco Alvarado Mendoza
UNIDADES: mm



NOMBRE DE LA PIEZA:
Tornillo de la tapa del rodamiento
AUTOR: Jesus Francisco
Alvarado Mendoza
UNIDADES: mm



NOMBRE DE LA PIEZA:

Vástago roscado

AUTOR: Jesus Francisco
Alvarado Mendoza

UNIDADES: mm