

DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCION DE LUBRICANTES
PARA LA EMPRESA MULTIFILTROS LIMITADA

JIMMY ALEKSANDR BURGOS BRAVO

JULIÁN ANDRÉS CONTRERAS ARIAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FALCULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2010

DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCION DE LUBRICANTES
PARA LA EMPRESA MULTIFILTROS LIMITADA

JIMMY ALEKSANDR BURGOS BRAVO

JULIÁN ANDRÉS CONTRERAS ARIAS

Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Mecánico

Director

OMAR ARMANDO GÉLVEZ AROCHA

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FALCULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2010

DEDICATORIA.

A ustedes quienes siempre confiaron en mí, a pesar de todas las adversidades:

Mi mamá Ana Lucia, Tía Estella, mi nonita Ana Celsa, mis hermanos Sergio y Deivi, la prima Marcela, mi padrino Eduar Osorio y familia.

Julián Andrés.

A mis padres Julia y Gonzalo, mi hermano Fernando, mis Abuelas Blanca y Petronila, mis tías Maru y Elena, por su apoyo incondicional.

Jimmy Burgos.

En memoria de todas las víctimas de los falsos positivos en Colombia y todas aquellas personas que luchan por un mundo mejor.

Julián y Jimmy.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores damos las gracias a todas aquellas personas que con su voz de aliento estuvieron presentes durante toda nuestra vida universitaria, a Katherine y Johanna, nuestros amigos de Residencias Universitarias UIS, a Ernesto y Héctor, los compañeros de Ingeniería Mecánica Ismael, Andrés, Yesid, Rafael, Javier, Yelmis, Hernán y muchos más, a nuestras compañeras de Trabajo Social, los profesores Omar Gélvez y Néstor Raúl D`croz.

CONTENIDO.

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.	2
1.1 OBJETIVOS GENERALES	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. GENERALIDADES DE LOS ACEITRES LUBRICANTES.	4
2.1 DEFINICIÓN	4
2.2 BASES LUBRICANTES	4
2.3 ADITIVOS	5
2.3.1 Detergentes-dispersantes	6
2.3.2 Anticorrosivos y antioxidante	6
2.3.3 Mejoradores de viscosidad	6
2.3.4 Antiespumantes	6
2.3.5 Extrema presión	6
2.3.6 Aplicación de los aditivos	7
2.4 PROPIEDADES DEL ACEITE LUBRICANTE	7
2.4.1 Propiedades másicas	7
2.4.1.1 Viscosidad e índice de viscosidad	7
2.4.1.2 Numero de base total TB N	8
2.4.1.3 Viscosidad SAE	8
2.5 PROPIEDADES SUPERFICIALES	9
2.5.1 Aeroemulsión	9

2.5.2 Emulsibilidad	9
2.6 PROPIEDADES TÉRMICAS	9
2.6.1 Volatilidad	9
2.6.2 Punto de congelamiento	9
2.7 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN A.P.I PARA ACEITES DE MOTOR	10
2.8 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN A.P.I PARA ACEITES DE TRANSMISIÓN.	11
2.9 FUNCIONES QUE DESEMPEÑA EL ACEITE LUBRICANTE EN UN MOTOR.	12
2.10 FUNCIONES QUE DESEMPEÑA UN ACEITE LUBRICANTE PARA TRANSMISIONES.	13
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ACEITES LUBRICANTES	13
3.1 SERVICIOS AUXILIARES	15
3.2 EQUIPOS QUE SE REQUIEREN PARA EL PROCESO	15
4. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS REQUERIDOS	17
4.1.1 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS DE ACUERDO A LA NORMA A.P.I 650	17
4.1.2 Materiales que se emplean en la fabricación de almacenamiento	18
4.1.3 Cálculo del tanque de almacenamiento de las bases de acuerdo a la norma A.P.I 650	20
4.1.3.1 Diseño y cálculo del cuerpo	21
4.1.3.2 Diseño y cálculo del fondo	24
4.1.3.3 Cálculo y diseño del techo	27

4.1.3.4 Cálculo por sismo	29
4.1.3.4.1 Momento de volteo.	29
4.1.3.4.2 Cálculo del peso total del cuerpo del tanque.	32
4.1.3.4.3 Cálculo del peso total del techo.	33
4.1.3.4.4 Cálculo de las masas efectivas	33
4.1.3.4.5 Cálculo de las alturas desde el fondo del tanque al centroide, en donde son aplicadas la fuerzas sísmicas laterales.	34
4.1.3.4.6 Cálculo del coeficiente lateral sísmico	35
4.1.3.4.7 Cálculo del factor sísmico	36
4.1.3.5 Boquillas en el tanque de almacenamiento	.9
4.1.3.5.1. Boquillas en las paredes del tanque	40
4.1.3.5.1.1 Boquillas en entradas hombre.	40
4.1.3.5.1.2 Boquillas de drenaje.	44
4.1.3.5.1.3 Boquillas para salida del fluido.	46
4.1.3.5.2 Boquillas en el techo del tanque.	47
4.1.3.5.2.1 Venteo	47
4.1.3.5.2.2 Boquilla para la entrada del fluido.	49
4.1.3.6 Escaletas y plataformas	51
4.1.3.7 Soldaduras en tanques de almacenamiento.	52
4.1.3.8 Juntas verticales del cuerpo.	53
4.1.3.9 Juntas horizontales.	53
4.1.3.10 Soldaduras del fondo	54
4.1.3.11 Junta para los anillos anulares	55
4.1.3.12 Juntas del techo y perfil de coronamiento	55
4.1.4 Dimensionamiento del tanque de aditivos de acuerdo a la norma A.P.I 650	56

4.1.4.1 Boquillas en la pared del tanque.	57
4.1.5 Análisis esfuerzos en el tanque de bases	51
4.1.6 Análisis esfuerzos en el tanque aditivos.	62
4.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS TANQUES DE MEZCLADO	63
4.2.1 Selección del tipo de carcasa	63
4.2.2 Selección del tipo de agitador	66
4.2.3 Cálculos de los tanques de mezclado	68
4.2.3.1 cálculos geométricos.	68
4.2.4 Cálculo de potencia.	69
4.2.5 Cálculo de la constante del impulsor.	70
4.2.6 Cálculo del tiempo mínimo de mezclado	71
4.2.7 Cálculo del sistema de calentamiento para el fluido a mezclar	74
4.2.7.1 Cálculo de la rata de calor requerida	75
4.2.7.2 Cálculo del calor suministrado	76
4.2.7.3 Calculo del calor trasferido	77
4.2.7.4 Cálculo diámetro del serpentín.	80
4.2.7.5 Cálculo del coeficiente externo de transferencia de calor.	81
4.2.7.6 Cálculo velocidad del fluido a mezclar.	82
4.2.8 Elementos mecánicos del mezclador	89
4.2.8.1 Cálculo del eje.	89
4.2.8.2 Diseño de las columnas que soportan el mezclador.	92
4.2.8.3 Selección del Motorreductor para tanque de mezclado.	94
4.2.9 Circuito trampa de vapor	99
4.2.9.1 Criterios para tener en cuenta para selección de una trampa de vapor.	100
4.2.9.2 Selección del purgador de vapor termodinámico.	101

4.2.9.3 Selección de válvula de esfera.	106
4.2.10 Selección de la caldera	108
4.2.10.1 Características de la caldera	112
4.2.10.2 Dispositivos de control de la caldera.	112
4.2.11 Análisis del tanque de mezclado.	118
4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE TRANSPORTE DE ADITIVOS BASES LUBRICANTES Y ACEITES.	120
4.3.1 Ficha datos de seguridad.	120
4.3.2 Descripción del procedimiento de cálculo para la tubería.	125
4.3.3 Cálculo de las líneas de transporte de aditivos.	125
4.3.3.1 Línea de descarga tanque- Camión.	126
4.3.3.2 Línea succión Tanque-bomba.	131
4.3.3.3 Línea descarga bomba-mezclador.	134
4.3.4 Cálculo de las líneas de transporte bases	136
4.3.4.1 Línea de descarga tanque- Camión.	137
4.3.4.2 Línea succión Tanque-bomba.	140
4.3.4.3 Línea descarga bomba-mezclador.	142
4.3.5 Cálculo de las líneas de transporte de los aceites lubricantes del mezclador hacia los envasadores.	145
4.3.5.1 Línea de succión mezclador bomba.	146
4.3.5.2 Línea de descarga bomba mezclador.	148
4.4 SELECCIÓN DE LAS BOMBAS	151
4.4.1 Transporte de los fluidos hacia el mezclador.	151
4.4.2 Producción de la planta de aceites lubricantes.	151
4.4.3 Cálculo del flujo de las bombas que transportan los aditivos y bases al tanque de mezclado.	152

4.4.4 Tipo de bombas.	153
4.4.5 Procedimiento para la selección de las bombas.	153
4.4.6 Selección de bombas para el transporte de aditivos.	154
4.4.6.1 Transporte de aditivos hacia el mezclador.	154
4.4.6.2 Transporte de los aditivos hacia los tanques de almacenamiento.	158
4.4.7 Selección de bombas para el transporte de bases.	162
4.4.7.1 Transporte de las bases lubricantes hacia la mezcladora.	162
4.4.7.2 Transporte de las bases lubricantes hacia los tanques de almacenamiento.	165
4.4.8 Transporte de los aceites lubricantes hacia los envasadores.	166
4.5 VÁLVULAS Y ACCESORIOS.	169
4.5.1 Selección de válvulas de bola.	170
4.5.1.1 Línea de transporte de aditivos.	171
4.5.1.2 Línea de transporte de bases lubricantes.	177
4.5.1.3 Selección de válvulas mezclador.	184
4.5.1.4 Selección del actuador.	186
4.5.2 Accesorios.	188
4.6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONTROL PARA LOS TANQUES DE MEZCLADO Y ADITIVOS.	189
4.6.1 Estructura de un PLC.	190
4.6.2 Selección del PLC.	191
4.6.2.1 Desarrollo de la selección del PLC.	192
4.7 SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE NIVEL.	208
4.8 SELECCIÓN DE LA ENVASADORA.	211
4.8.1 Tipos de envasadora.	213
4.8.1.1 Llenadora automática modelo G10	213

4.8.1.2 Llenadora automática modelo 5G.	215
4.9 SELECCIÓN DEL COMPRESOR.	218
5 DIAGRAMA DEL PROCESO EN LA PLANTA	222
6. PLAN DE MANTENIMIENTO	223
6.1 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.	224
6.2 TUBERÍAS.	226
6.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO.	226
6.4 MEZCLADORES	227
6.5 ENVASADOR	228
6.6 CALDERA	229
6.7 COMPRESOR.	231
7. PRESUPUESTO	233
CONCLUSIONES	235
RECOMENDACIONES	237
BIBLIOGRAFÍA	239

LISTA DE TABLAS.

Cuadro N 1. Aplicación de los aditivos.	7
Cuadro N 2. Evolución de nivel de calidad	10
Cuadro N 3. Características de últimos lubricantes.	11
Cuadro N.4 Datos para el cálculo.	21
Cuadro N.5 Espesor mínimo del cuerpo de un tanque de almacenamiento en relación con el diámetro.	22
Cuadro N.6. Propiedades de los aceros.	23
Cuadro N 7. Característica del cuerpo del tanque.	24
Cuadro N.8. Espesor mínimo del fondo y placa anular en milímetros	26
Cuadro N.9 Características del fondo del tanque.	27
Cuadro N.10 Características del techo del tanque de almacenamiento	29
Cuadro N.11 Datos de proceso.	30
Cuadro N.12. Tabulación de los factores sísmicos de Colombia	32
Cuadro N.13. Factor de amplificación del lugar.	36
Cuadro N.14 Datos del cálculo de la estabilidad del tanque de almacenamiento.	38
Cuadro N.15. Espesor del cuello, de la tapa plana y brida de la entrada de hombre	41
Cuadro N16. Datos para la selección	42
Cuadro N.17 Espesores de la boquilla de acuerdo al cuadro 15.	42
Cuadro N.18. Dimensiones de entrada hombre de 610 mm	42
Cuadro N.19 Dimensiones de la boquilla de entrada de hombre seleccionada	43
Cuadro N. 20 Dimensiones de la brida para la boquilla de entrada de hombre en mm	43

Cuadro N.21. Dimensiones del Drenaje de acuerdo a diferentes diámetros de tubos de descarga (mm)	44
Cuadro N.22 Descripciones del drenaje	45
Cuadro N. 23. Dimensiones de la brida para la boquilla de drenaje	45
Cuadro N.24. Dimensiones para cuellos de boquillas (mm)	46
Cuadro N.25 Dimensiones de la brida salida del fluido	47
Cuadro N.26. Dimensiones del venteo	48
Cuadro N.27 Dimensiones para boquillas en el techo (mm.)	49
Cuadro N.28. Dimensiones de la brida de la entrada del fluido	50
Cuadro N.29. Dimension filete de soldadura en relación con espesor del tanque.	55
Cuadro N.30. Características del tanque de almacenamiento de aditivos.	57
Cuadro N.31 Características de la boquilla de entrada de personal	57
Cuadro N.32 Característica de la tapa de la boquilla para entrada de personal.	58
Cuadro N.33 Características del drenaje en mm	58
Cuadro N.34. Dimensiones de la brida de la boquilla de drenaje	58
Cuadro N.35 Dimensiones de la boquilla de la salida del fluido	59
Cuadro N.36 Dimensiones de la brida para la boquilla de salida del fluido.	59
Cuadro N.37. Dimensiones boquilla de la entrada del fluido	59
Cuadro N.38 Dimensiones brida de entrada de fluido	60
Cuadro N.39 .Dimensiones del venteo	60
Cuadro N.40. Características agitador con carcasa móvil	64
Cuadro N.41 Características agitador con carcasa fija.	64
Cuadro N.42. Características de los diferentes agitadores	67
Cuadro N.43. Dimensiones del agitador a diferentes diámetros de acuerdo a las dimensiones estándar	69

Cuadro N.44 Datos para el cálculo.	70
Cuadro N. 45. Valores de la constante de acuerdo a su impulsor.	70
Cuadro N. 46.Comparación diámetro tanque agitador consumo de potencia.	71
Cuadro N.47. Análisis del tiempo de mezcla y flujo de producción	73
Cuadro N.48 Detalles del tanque de mezcla diseñado.	74
Cuadro N.49 Datos del proceso cálculo de calor requerido	75
Cuadro N.50. Valores de los parámetros del sistema de calentamiento	89
Cuadro N.51Propiedades fluido y hélice	90
Cuadro N.52 Calculo de volúmenes	92
Cuadro N.53. Calcula de relación de esbeltez.	93
Cuadro N.54. Valores de cambio critico	93
Cuadro N.55. Cálculo de fuerza critica.	94
Cuadro N.56 Factores de servicio	96
Cuadro N.57 Datos para la selección del Motorreductor.	96
Cuadro N 58 Referencias de motorreductores con una potencia de 2 Hp	97
Cuadro N.58a Dimensiones del Motorreductor	98
Cuadro N.59 especificaciones del Motorreductor seleccionado.	99
Cuadro N 60.Componentes y función del circuito trampa de vapor	101
Cuadro N.61 Clasificación de las válvulas de esferas de acuerdo a su aplicación.	106
Cuadro N.62 Dimensiones en milímetros de una válvula de esfera conexión tipo rosca.	108
Cuadro N 63. Modelos de calderas con diferentes capacidades.	109
Cuadro N 64. Especificaciones de la caldera seleccionada según catalogo de la empresa JCT.S.A,	110
Cuadro N. 65 Datos del proceso de selección línea tanque- camión	

hacia tanque de almacenamiento	130
Cuadro N. 66 Valor de constantes según tipo de accesorios	130
Cuadro N.67 Proceso iterativo para transporte de aditivos desde tanque camión hacia tanque de almacenamiento.	131
Cuadro N.68 Datos del proceso de selección línea tanque- camión hacia tanque de almacenamiento	132
Cuadro N. 69 Valor de constantes según tipo de accesorios	133
Cuadro N.70 Proceso iterativo para transporte de aditivos, desde tanque almacenamiento hacia bomba.	133
Cuadro N. 71 Datos del proceso de selección línea tanque- camión hacia tanque de almacenamiento	135
Cuadro N. 72 Valor de constantes según tipo de accesorios	135
Cuadro N. 73 Proceso iterativo para transporte de aditivos, desde bomba hacia el mezclador.	136
Cuadro N.74 Datos del proceso de selección línea tanque-camión hacia tanque de almacenamiento	138
Cuadro N. 75 Valor de constantes según tipo de accesorios	139
Cuadro N. 76 Proceso iterativo para transporte de bases desde tanque-camión hacia tanque de almacenamiento.	139
Cuadro N. 77 Datos del proceso de selección línea tanque-camión hacia tanque de almacenamiento.	141
Cuadro N. 78 Valor de constantes según tipo de accesorios	141
Cuadro N. 79 Proceso iterativo para transporte de bases, desde tanque almacenamiento hacia bomba.	142
Cuadro N. 80 Datos del proceso de selección línea tanque-camión hacia tanque de almacenamiento	143
Cuadro N. 81 Valor de constantes según tipo de accesorios	144
Cuadro N.82 Proceso iterativo para transporte de bases, desde bomba	

hacia el mezclador	144
Cuadro N.83 Datos del proceso de selección línea mezclador hacia tanque bomba	147
Cuadro N 84 Valor de constantes según tipo de accesorios	147
Cuadro N. 85 Proceso iterativo para transporte de aditivos, desde tanque almacenamiento hacia bomba.	148
Cuadro N. 86 Datos del proceso de selección línea mezclador hacia bomba hacia envasadores	149
Cuadro N. 87 Valor de constantes según tipo de accesorios	150
Cuadro N. 88 Proceso iterativo para transporte de aceites, desde bomba hacia el envasador	150
Cuadro N. 89 Datos del proceso para cálculo de flujo	152
Cuadro N.90 Datos técnicos de la bomba seleccionada	156
Cuadro N.91 Dimensiones de la bomba MLK 550	158
Cuadro N .92 Datos técnicos de la bomba seleccionada	160
Cuadro N 93 Acoplamiento	160
Cuadro N.94 valores de las dimensiones de la bomba KK124A.	162
Cuadro N. 95 Datos técnicos de la bomba seleccionada.	164
Cuadro N. 96 Acoplamiento Directo	164
Cuadro N 97 Dimensiones de la bomba Viking HJ 4195	165
Cuadro N. 98. Datos técnicos de la bomba seleccionada	168
Cuadro N. 99 Acoplamiento Directo	168
Cuadro N. 100 Dimensiones de la bomba GG4195	169
Cuadro N. 101 Especificaciones de válvulas con su respectiva ubicación.	171
Cuadro N. 102 Propiedades del fluido y la tubería:	172
Cuadro N 103 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.	172
Cuadro N.104 Propiedades del fluido y la tubería:	174

Cuadro N 105 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.	174
Cuadro N.106 Propiedades del fluido y la tubería:	176
Cuadro N.107 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.	176
Cuadro N.108 Características de válvulas con su respectiva ubicación	178
Cuadro N.109 Propiedades del fluido y la tubería:	179
Cuadro N.110 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula	179
Cuadro N.111 Propiedades del fluido y la tubería:	181
Cuadro N.112 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.	181
Cuadro N.113 Propiedades del fluido y la tubería	183
Cuadro N.114 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.	183
Cuadro N.115 Especificaciones de válvulas con su respectiva ubicación.	184
Cuadro N.116 Propiedades del fluido y la tubería	185
Cuadro N.117 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.	186
Cuadro N.118 Detalles técnicos	187
Cuadro N.119 Descripción de tiempo y proceso a controla en la fase de mezcla	192
Cuadro N.120 Descripción de los equipos a controlar y tiempos de funcionamiento en los tanques de mezcla, referente a la figura anterior.	194
Cuadro N.121 Descripción de cada señal de control en la zona de mezclado	195
Cuadro N.122 descripción general de los autómatas compactos.	198
Cuadro N.123 Descripción del PLC seleccionado	198
Cuadro N.124 Características del PLC seleccionado.	199
Cuadro N.125 Descripción de los elementos y control de descarga de los aditivos	202
Cuadro N.126 Periodo de medición.	209
Cuadro N.127 Selección de sensores para tanques almacenamiento.	210
Cuadro N.128 selección de sensor mezclador.	210

Cuadro N.129 Condiciones de producción	212
Cuadro N.130 Propiedades de los fluidos	212
Cuadro N.131 Presentaciones del envase.	212
Cuadro N.132 Descripción técnica envasadora seleccionada	215
Cuadro N.133 Descripción técnica	217
Cuadro N.134 Datos de selección del compresor	218
Cuadro N.135 Requisitos del compresor	218
Cuadro N.136 selección del compresor.	219
Cuadro N.137 Especificaciones del compresor	219
Cuadro N.138 Diámetro de la tubería en función de descarga Aire cfm.	220
Cuadro N.139 Tipo de mantenimiento a los equipos.	224
Cuadro N.140 Acciones en las bombas.	225
Cuadro N.141 Acciones en la tubería.	226
Cuadro N.142 Acciones tanques de almacenamiento	227
Cuadro N.143 Acciones en el mezclador.	228
Cuadro N.144 Acciones en los envasadores	229
Cuadro N.145 mantenimiento de caldera	229
Cuadro N.146 Acciones en el compresor.	231

LISTA DE FIGURAS

Figura N 1. Detalles del primer y segundo anillo que conforman el cuerpo del tanque.	22
Figura N 2. Detalles del Fondo.	25
Figura N 3. Detalles del techo a diseñar	27
Figura N 4. Procedimiento construcción del techo.	28
Figura N 5. Mapa de zonificación sísmica de Colombia.	31
Figura N.6 Masa Efectiva en relación entre la masa total del liquido.	33
Figura N 7.Centroide de la fuerza sísmica	34
Figura N 8. Valor del coeficiente k	36
Figura N.9 Esquema de la boquilla de entrada de personal.	40
Figura N.10 Detalles boquilla de entrada.	41
Figura N.11 Detalles de la brida de conexión	43
Figura N12. Detalles geométricos y de construcción del drenaje	44
Figura N 13. Detalles de la brida de drenaje	46
Figura N 14 Detalles de la boquilla de salida del fluido.	47
Figura N 15. Detalles de la brida de salida del fluido	47
Figura N 16. Especificaciones de venteo.	48
Figura N 17 Esquema de la boquilla de venteo diseñada	48
Figura N.18 Detalles de la boquilla de entrada del fluido	50
Figura N.19 Esquema de la boquilla de entrada del fluido	50
Figura N 20. Detalles brida para la entrada del fluido	51
Figura N.21 Detalles para la soldadura de los aros que conforman el cuerpo del tanque.	53
Figura N.22 Detalles de la soldadura del techo y perfil de coronamiento	56
Figura N.23 Esquema general del tanque de almacenamiento de	

bases diseñado de acuerdo a la norma A.P.I 650.	56
Figura N.24 Esquema general del tanque de almacenamiento de aditivos diseñado de acuerdo a la norma A.P.I 650.	60
Figura N 25 Tanque de almacenamiento bases Máxima deformación.	61
Figura N 26 Tanque de almacenamiento bases Máximo esfuerzo cortante	61
Figura N 27 Tanque de almacenamiento de aditivos Máxima deformación.	62
Figura N 28 Tanque de almacenamiento bases Máximo esfuerzo cortante.	62
Figura N.29 Detalles dimensiones de un tanque de mezclado.	68
Figura N 30. Tiempo de mezcla en relación con Reynolds y tipo de agitador	72
Figura N 31. Mezclador con serpentín	75
Figura N.32 diagrama de análisis del calor transferido por el serpentín.	78
Figura N 33 Tanque de mezclado con serpentín	79
Figura N.34 circuito térmico del serpentín	80
Figura N 35. Velocidad del fluido transversal al serpentín	83
Figura N. 36 Distribución velocidad de flujo en un tanque agitado por turbina	84
Figura N.37 Diagrama de cuerpo libre del eje	90
Figura N 38 Dimensiones del motorreductor.	98
Figura N.39 Motorreductor	99
Figura N 40 circuito general de una trampa de vapor.	100
Figura N 41. Purgador termodinámico con conexión tipo rosca	101
Figura N 42. Capacidad de un purgador de vapor con conexión tipo rosca	102
Figura N 43. Rango de operación de un purgador con conexión tipo rosca	103
Figura N 44. Especificaciones geométricas de una purgadora conexión tipo rosca	103
Figura N 45. Detalles de las dimensiones de un purgador de vapor conexión tipo rosca	104

Figura N 46. Corte transversal de un purgador de vapor con conexión tipo rosca	104
Figura N 47. Detalles del funcionamiento de un purgador termodinámico de vapor	105
Figura N.48 Rangos de operación de una válvula de esfera para vapores a baja presión y condensado	107
Figura N 49. Detalles de una válvula esférica M10V, conexión tipo rosca.	107
Figura N 50. Detalles de dimensiones	108
Figura N 51. Detalles de las dimensiones de la caldera	111
Figura N 52. Imagen de la caldera seleccionada	111
Figura N 53. Esquema eléctrico del controlador marca fireye.	113
Figura N 54. Control de nivel "Mc Donnell"	117
Figura N 55 Mezclador Máxima deformación	118
Figura N 56 Mezclador Factor de seguridad.	118
Figura N 57. Mezclador tipo Turbina con hélice inclinada	119
Figura N 58. Criterios de Procedimiento Norma ASME B 31.3	124
Figura N.59 Líneas de transporte de aditivos.	126
Figura N. 60Líneas de transporte de bases lubricantes.	137
Figura N.61 Línea de Transporte de los aceites.	145
Figura N.62 Esquema bomba LK80 P1151	157
Figura N.63 Dimensiones de la Bomba.	157
Figura N.64Esquema bomba VIKING L4124A	161
Figura N.65 Detalles de la Bomba L4124A	161
Figura N.66 Detalles de la bomba HJ4195	165
Figura N.67 Detalles de la bomba GG 4195	169
Figura N.68 Detalles de la válvula	173
Figura N.69 Detalles de la válvula	175
Figura N. 70 Detalles de la válvula	177

Figura N.71 Detalles de la válvula	186
Figura N.72 Detalles de la válvula	182
Figura N.73 Detalles de la válvula	184
Figura N. 74 Detalles de la válvula	186
Figura N. 75 Dimensiones del actuador eléctrico.	187
Figura N. 76 Detalles geométricos del codo	188
Figura N. 77 Detalles de las diferentes dimensiones	189
Figura N, 78 Estructura del PLC	191
Figura N. 79 Descripción del proceso de control en los tanques de mezclado	193
Figura N.80 Señales de entrada y salida del proceso de mezcla	193
Figura N.81 Detalles del PLC seleccionado.	199
Figura N. 82 Lógica cableada para el proceso de mezcla.	200
Figura N.83 Descripción del control en la descarga de los aditivos.	201
Figura N. 84 Señales de entrada y salida del proceso de mezcla.	204
Figura N. 85 Lógica cableada para producir aceite para motor	205
Figura N. 86 Lógica cableada para producir aceite para transmisiones.	206
Figura N.87 Lógica cableada para producir aceite hidráulico.	207
Figura N.88 Sensor de nivel NV	210
Figura N 89. Detalles sensor Mezclador	211
Figura N.90Envasador Modelo G.10	214
Figura N. 91 Llenadora modelo 5G	216
Figura N. 92 Compresor	220

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO DEL PROCESO DE MEZCLADO PARA LA PRODUCCION DE LUBRICANTES EN LA EMPRESA MULTIFILTROS LTDA.

AUTORES:

JIMMY ALEKSANDR BURGOS BRAVO

JULIÀN ANDRÈS CONTRERAS ARIAS

PALABRAS CLAVES:

Diseño, lubricantes, proceso, mezcla

DESCRIPCIÓN:

Con este proyecto de grado se buscó diseñar el proceso de producción de lubricantes en la empresa Multifiltros Ltda. con una capacidad de 100000 galones de lubricantes al mes, Este diseño se pondrá en marcha en el municipio de Girón Santander, con la intención de que la empresa Multifiltros Ltda. obtenga sus propios productos como alternativa para un mejor desarrollo socioeconómico de la región y del país.

Inicialmente se estableció la capacidad de producción la cual es de aproximadamente 100000 galones al mes de lubricantes para motor, hidráulico y para transmisiones. Posteriormente se realizó el estudio del proceso que consiste en almacenamiento de bases y aditivos derivados del crudo, su respectivo transporte hacia la mezcladora, llenadora y descarga. Finalmente la fase de llenado en diversas capacidades de volumen.

Una vez conocido el proceso de producción y las materias primas a utilizar se procede a realizar los respectivos cálculos y selecciones de accesorios necesarios en cada fase de producción: en primer instancia se diseñan los tanques de almacenamiento de acuerdo a la norma API 650, continuando con el diseño de las líneas de transporte y descarga del producto de acuerdo a la norma ASME B31.3. al mismo tiempo que la selección de las bombas hidráulicas.

Posteriormente se realizó el diseño de la mezcladora con su respectivo sistema de calentamiento que consiste en un serpentín ubicado en la parte interior del tanque de mezclado para una óptima homogenización, por otro lado se seleccionó el sistema de llenado acorde a las características de llenado que requería la empresa; por último se realizó la distribución de planta con su respectivo presupuesto para poner en marcha la planta de producción.

*Trabajo de grado.**Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de ingeniería Mecánica, Ing. Omar Gélvez A.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN OF THE PROCESS OF MIXING IN THE LUBRICANTS PRODUCTION IN MULTIFILTROS LTDA.

AUTORS:

Julián Andrés Contreras Arias.

Jimmy Aleksandr Burgos Bravo.

KEY WORDS:

Design, lubricants, process, mixed

DESCRIPTION:

The main purpose of this degree project is to design the production process of lubricant in Multifiltros Ltda. With one hundred thousand (100000) gallons of capacity per month. This design will be put into practice in Girón, Santander, looking for the enterprise to produce its own products in order to improve the economic development of the region and the country.

At first, the capacity of productions was established in 100000 gallons of lubricant for hydraulic engines and transmissions per month. After that, it was made a study about the process, which consists in the storage of bases and additives derived of oil, its transportation to the mixer, filler and it's unload. And finally the stage of filling according to different volume capacities.

Once the production process and the consumables to use are known, the estimation and the selection of the accessories needed in each production stage are made: at first place the storage tanks are designed according to the API 650 regulation; next the transportation and unload lines are designed according to the ASME B31.3. regulation, as well the selection of the hydraulic bombs.

Subsequently the design of the mixer, with its warming system was made. This system consists in a coil placed in the lower side of the mix tank, in order to get an optimum homogenization. On the other hand the filling system was selected according to the filling characteristics that the enterprise requires and finally the plant distribution according to its own budget to put in practice the production plant.

*Degree Work

**Physical-Mechanical Engineer Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Omar Gélvez A.

INTRODUCCION

El auge de productos derivados del petróleo aumenta con el paso de los días, uno de los principales productos son los aceites lubricantes, utilizados en la mayor parte de la industria, como un producto indispensable en la lubricación y transmisión de potencia hidráulica. En este sentido, se establece una relación de oferta--demanda en las industrias productoras de aceites lubricantes, debido a la demanda del mercado nacional y en especial del nororiente colombiano, por ello, es necesario que las empresas productoras de lubricantes, como **Multifiltros Limitada**, aumente su producción con el ánimo de cumplir la demanda y adicionalmente entreguen al consumidor un producto de óptimas condiciones, calidad y a un bajo costo.

La producción de aceites lubricantes se puede realizar de dos formas: entre ellas tenemos, extracción de aceites en torres de destilación conocido como proceso de craqueo (proceso llevado a cabo en las refinerías, además de ser un proceso altamente costoso), otro proceso de menor costo consiste en la mezcla de diferentes bases lubricantes y aditivos.

En la actualidad **Multifiltros Limitada** es una empresa que comercializa y produce aceites lubricantes, mediante el mezclado de productos derivados del petróleo. Con el fin de expandir su producción y garantizar una alta calidad en sus productos, se plantea este proyecto: Diseño del proceso de producción de lubricantes; este consiste en el diseño de una planta con capacidad de cien mil galones mensuales, mediante un proceso tecnificado, el cual cumple parámetros de seguridad y estándares internacionales, pues los elementos que componen dicha planta son diseñados bajo Normas de las asociaciones de ingenieros a nivel mundial como lo son la API Y ASTM.

1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.1 OBJETIVO GENERAL.

- Cooperar con la misión de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, al hacer uso del ingenio y de la crítica, para generar cambios tecnológicos con el propósito de tecnificar los procesos de producción, aportando soluciones a los problemas regionales y nacionales, y fortaleciendo la relación industria- universidad mediante los conocimientos y experiencia recibida en nuestra formación académica.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Diseñar un sistema para el mezclado de aditivos en la producción de aceites lubricantes para motores, transmisiones e hidráulica contribuyendo a un adecuado aprovechamiento de la energía y materias primas utilizadas en la planta de Multifiltros Ltda.

Características:

Capacidad de producción 3200 galones/día.

Elementos del sistema:

- a) Mezcladora.
- b) Bombas.
- c) Tanques de almacenamiento.
- d) Líneas de transporte.
- e) Accesorios.
- f) Envasadoras.

- Diseñar los elementos correspondientes al funcionamiento de la planta en el cual esbozan los siguientes:
 - a) Diseñar y seleccionar la mezcladora de aditivos.
 - b) Seleccionar bombas para transporte de los aditivos y bases lubricantes para cada sección de mezclado de la planta.
 - c) Calcular los tanques de almacenamiento de las materias primas.
 - d) Diseñar las líneas de transporte desde los tanques de almacenamiento hasta la mezcladora y líneas de envasado.

- Implementar las normas API(American Petroleum Institute.) Y ASME. en el diseño y selección de los elementos correspondientes al funcionamiento de la planta entre las cuales tenemos.
 - a) Diseño de tanques para el almacenamiento de derivados de petróleo norma API 650
 - b) Sistema de transporte. Norma ASME B31.3 sistema de tuberías para plantas químicas y refinería de petróleo.

- Hacer entrega a la empresa Multifiltros LTDA los elementos y especificaciones correspondientes al funcionamiento de la planta como lo son:
 - a) Planos de la distribución de planta.
 - b) Planos de las líneas de transporte de aditivos y bases lubricantes con sus características técnicas de selección. Planos y especificaciones técnicas del tipo de agitador y tanques de almacenamiento.
 - c) Especificaciones técnicas del sistema de envasado y bombeo.
 - d) Presupuesto necesario para la puesta en marcha de la planta.

2. GENERALIDADES DE LOS ACEITES LUBRICANTES.

2.1 DEFINICIÓN

Un lubricante es una sustancia que se interpone entre dos superficies (una de las cuales o ambas se encuentran en movimiento) a fin de disminuir la fricción y el desgaste. Los aceites lubricantes en general están conformados por una Base más Aditivos los cuales pueden ser de origen vegetal, mineral o sintético.

Los aceites lubricantes, cualquiera sea su origen inicial, tienen dos grandes componentes; las bases lubricantes que determinan las propiedades del lubricante, tales como viscosidad, color, etc. y los aditivos, los cuales adecuadamente combinados brindan las características propias de cada aceite lubricante pudiendo componer entre un 30% y un 2% del aceite lubricante. Los aditivos mejoran las propiedades físicas y químicas de los lubricantes.

2.2 BASES LUBRICANTES.

Es el componente más importante del aceite, define su viscosidad y le da propiedades fisicoquímicas importantes al aceite, como las de antidesgaste, antiespumante, antioxidante, índice de viscosidad, biodegradabilidad y toxicidad entre otras. Mientras los aditivos realizan su función, la base lubricante no se deteriora si no se contamina, pero una vez que estos se agotan, la base lubricante se empieza a degradar, iniciándose el proceso que se conoce como oxidación del aceite en el cual se forman lacas, barnices y gomas ácidas, que conllevan a que finalmente el aceite se torne ácido y sea necesario cambiarlo.

Dentro de las bases lubricantes minerales se encuentra gran cantidad de diferencias y clases. Estas se agrupan en tres tipos que son:

a) **Parafínicas**: son bases saturadas con cadenas de hidrocarburos en línea recta o ramificada. Los crudos con este tipo de formación producen gasolinas

de bajo octanaje, pero, excelentes kerosenos, aceites combustibles y bases lubricantes. Algunas de sus características son:

- Resistencia a la oxidación
- Alto punto de inflamación
- Baja densidad
- Alto punto de fluidez
- Bajo poder disolvente

b) **Nafténicas:** En general estas bases son de menor calidad que las parafínicas, sin embargo se mejoran por procesos especiales de refinación. Algunas de sus características son:

- Bajo punto de fluidez
- Inestabilidad química
- Bajo índice de viscosidad
- Tendencia a la oxidación

c) **Aromáticas:** Las bases aromáticas son cadenas no saturadas. Esta configuración las hace químicamente activas y tienen tendencia a la oxidación generando ácidos orgánicos. Algunas de sus características son:

- Elevada densidad
- Inestabilidad química
- Tendencia a la oxidación
- Bajo punto de infamación

2.3 ADITIVOS

Los aditivos son sustancias químicas que se añaden en pequeñas cantidades a los aceites lubricantes para proporcionarles o incrementarles propiedades, o para suprimir o reducir otras que le son perjudiciales.

Los aditivos pueden dividirse en dos grandes grupos, entre los cuales tenemos:

- Inhibidores: destinados a retardar la degradación del aceite actuando como detergente, dispersante, anti-oxidantes, anti-corrosivos, agentes anti-desgaste, agentes alcalinos y agentes anti - emulsificadores.
- Aditivos que mejoran las cualidades físicas básicas con acción sobre el índice de viscosidad, el poder antiespumante, el sellado, la oleosidad y la extrema presión.

A continuación podemos ver los diferentes tipos de aditivos con sus respectivas características:

2.3.1 Detergentes-Dispersantes. Los aditivos detergentes-dispersantes tienen la misión de evitar que el mecanismo lubricado se contamine aun cuando el lubricante lo está. La acción de estos dispersantes es la de evitar acumulaciones de los residuos, los cuales se forman durante el funcionamiento de la máquina o motor y mantenerlos suspendidos por toda la masa del aceite.

2.3.2 Anticorrosivos y antioxidantes. Para proteger contra la corrosión a los materiales sensibles por una parte, y por otra para impedir las alteraciones internas que pueda sufrir el aceite por envejecimiento y oxidación.

2.3.3 Mejoradores de viscosidad. Impide que el aceite pierda su viscosidad al aumentar la temperatura, es decir mejoran el índice de viscosidad además favorecen el punto de congelación y en consecuencia el de fluidez.

2.3.4 Anti-espumantes. Los aditivos antiespumantes tienen la misión de evitar burbujas que se forman por gases mediante el adelgazamiento de la envoltura de dichos glóbulos.

2.3.5 De Extrema presión. Para los aceites de equipos mecánicos sometidos a muy altas presiones, se emplean los aditivos EP: (Extrema presión), que

disminuyen el desgaste de las superficies metálicas de deslizamiento, favoreciendo la adherencia del lubricante¹.

2.3.6 APLICACIÓN DE LOS ADITIVOS. En el siguiente cuadro se presenta un resumen del tipo de aditivo que se debe agregaren relación con las diferentes aplicaciones de los lubricantes.

Cuadro N.1. Aplicación de los aditivos.

Tipo de aditivo	tipo de lubricante		
	MOTOR	TRASMISIÓN	HIDRAULICO
DETERGENTE	X		
DISPERSANTE	X	X	
ANTIOXIDANTE	X	X	X
ANTIDESGASTE	X	X	X
ANTIHERRUMBE	X		X
INHIBIDOR DE CORROSION	X	X	
MODIFICADOR DE FRICCIÓN		X	
DE EXTREMA PRESIÓN			X
ANTIESPUMANTE	X	X	X
MEJORADOR DE VISCOSIDAD	X	X	

Fuente: Autores del proyecto.

2.4. PROPIEDADES DEL ACEITE LUBRICANTE

2.4.1. PROPIEDADES MASICAS.

2.4.1.1 Viscosidad e índice de viscosidad. La viscosidad es una de las propiedades más importantes de un aceite lubricante, se refiere el espesor del aceite y a la resistencia al movimiento de la masa. La viscosidad está en relación directa con el aceite para lubricar y proteger las superficies en contacto. Cuando más viscoso sea el aceite más gruesa será la película de lubricante y permanecerá mejor en la superficie que está lubricando. Sin

¹ <http://www.scribd.com/doc/6560464/Libro-Lubricantes?autodown=pdf>

embargo, si el aceite es demasiado espeso a bajas temperaturas habrá demasiada resistencia y el aceite no podrá fluir lo suficientemente rápido para alcanzar las superficies que requieren ser lubricadas.

Al aumentar la temperatura se aumenta la fluidez de aceite. La medición de esta proporción se llama índice de viscosidad. Mientras mayor sea éste valor el aceite conservara su viscosidad al aumentar la temperatura.

2.4.1.2 Numero de Base Total TBN. La mayoría de los combustibles contienen azufre, el cual al producirse la combustión, crea subproductos como ácidos sulfurosos y sulfúricos que producen corrosión en el motor. Para contrarrestar estos, los aceites contienen aditivos alcalinos formulados para neutralizar estos ácidos.

2.4.1.3 VISCOSIDAD "SAE": La SAE (Society of Automotive Engineers) de Estados Unidos ha establecido un sistema de clasificación basado exclusivamente en la viscosidad, excluyendo cualquier otra consideración de calidad u otras propiedades. Los aceites se clasifican en:

- **Grados para bajas temperaturas.** Se representan mediante un número seguido de la letra W (Winter). Mientras menor es este número mayor es la capacidad del aceite para fluir en frío. Los grados en frío más usados son; 5W ,10W, 15W, 20W.
- **Grados para altas temperaturas.** Se representan por un número sencillo que indica la capacidad del aceite para lubricar a elevadas temperaturas. Mientras mayor sea este número el aceite posee mayor lubricidad a alta temperatura. Los grados más utilizados son: 30 - 40 - 50. Este tipo de aceites se conocen con el nombre de **monogrados** porque poseen un único grado de viscosidad.
- **Aceite multigrado.** Con la aparición de los aditivos mejoradores de la viscosidad, se han podido desarrollar aceites que combinan propiedades de dos o más grados SAE sencillos. Estos aceites se denominan multigrados y se designan por dos números separados por la letra W, por ejemplo 20W50, en donde, la primera cifra y la letra (20W)

representan el grado SAE en frío, el cuál indica el comportamiento del aceite a baja temperatura.²

- **Densidad.** Es una propiedad de identificación del aceite y se usa para conocer la composición del aceite, orientar con las posibles contaminaciones con agua.

2.5 PROPIEDADES SUPERFICIALES.

2.5.1 Aeroemulsión. Es una emulsión de aire en aceite, formada por burbujas muy pequeñas (0'0001 a 0'1 cm), dispersas por todo el líquido. Las aeroemulsiones son muy difíciles de eliminar y provocan problemas semejantes a los de la espuma superficial además comportamientos erráticos en los sistemas hidráulicos, cavitación en las bombas, oxidación del aceite.

2.5.2 Emulsibilidad. Es la capacidad de un líquido no soluble en agua para formar una mezcla íntima de agua y aceite. Una emulsibilidad alta indica que al cabo de 5 minutos se ha separado completamente el aceite del agua y no queda emulsión.

2.6 PROPIEDADES TÉRMICAS

2.6.1 Volatilidad. Es la capacidad de una sustancia de evaporarse a una temperatura determinada y con una presión determinada. Cuanto menor sea la temperatura de evaporación de la sustancia se dice que es más volátil.

2.6.2 Punto de congelamiento. (También llamado punto de fluidez) es la menor temperatura a que se observa fluidez en el aceite al ser enfriado. Se expresa en múltiplos de 3°C o 5°F.³

² Estudio de factibilidad de una planta mezcladora de aceites lubricantes, Alberto Jacinto Reyes loor.

³ <http://hugochirinos.wikispaces.com/file/view/PROPIEDADES+DE+LUBRICANTES+34OK.pdf>

2.7 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN API PARA ACEITES DE MOTOR

Para establecer un sistema de clasificación según la calidad, la API (American Petroleum Institute) ha diseñado una nomenclatura según el tipo de motor al que se le va a aplicar el lubricante. De esta forma, para motores a gasolina se estableció la letra "S" de Spark (bujía en inglés) para relacionar con el principio de ignición por chispa que se utiliza en este tipo de motores, seguida de las letras "A" hasta la "L" para representar la evolución en orden alfabético de los grados de clasificación que se han desarrollado en forma sucesiva, siendo mayores los requerimientos por calidad a medida que progresa la letra del alfabeto. En cuanto a los aceites para motores diesel, la nomenclatura utiliza la letra "C" de la palabra inglesa Compresión por tratarse de aceites para motores cuyo principio de ignición es por compresión y una letra en serie alfabética que representa la evolución del nivel de calidad.⁴

Cuadro N.2. Evolución de nivel de calidad

PERIODO DE VALIDEZ	M.GASOLINA	PERIODO VALIDEZ
Antes de 1950	SA	Antes de 1950
1950-1952	SB	1950-1960
1952-1954	SC	1960-1970
1954-1987	SD	1965-1970
1987-1992	SE	1971-1980
1992-1994	SF	1981-1987
1992-1994	SG	1988-1992
1995-2000	SH	1993-1996
2001	SJ	1997-2000
	SL	2001

Fuente:

www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/aceiteslubricantesmotoresdiesel/default.asp

⁴ http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/aceiteslubricantesmotoresdiesel/default.asp

Cuadro 3. Características de últimos lubricantes.

Característica API Diesel	Descripción	Característica API Gasolina	Descripción
CG-4	Para motores de alta exigencia alta velocidad.	SJ	Provee ahorro de combustible, baja volatilidad y fosforo
CH-4	Para motores de alta velocidad.	SL	Ahorro niveles altos de calidad y eficiencia

Fuente: Autores del proyecto

2.8 CLASIFICACION API PARA ACEITES DE TRANSMISIÓN.

- **API GL-1.** Especifica el tipo de servicio característico de ejes, automotrices, sinfín, cónico espiral y algunas transmisiones manuales.
- **API GL-2.** Especifica el tipo característico de ejes que operan bajo condiciones de carga.
- **API GL-3.** Especifica el tipo de servicio característico de transmisiones manuales y ejes que opera bajo condiciones moderadamente severas de velocidad.
- **API GL-4.** Especifica el tipo de servicio característico de engranajes helicoidales en automóviles y otros equipos bajo condiciones de alta velocidad.
- **API GL-5.** Especifica el tipo de servicio característico de engranajes helicoidales en automóviles y otros equipos bajo condiciones de alta velocidad de carga de impacto de alta velocidad⁵.

⁵ Estudio de factibilidad de una planta mezcladora de aceites lubricantes, Alberto Jacinto reyes loor.

2.9 FUNCIONES QUE DESEMPEÑA EL ACEITE LUBRICANTE EN UN MOTOR.

Los aceites lubricantes utilizados en el recubrimiento del motor, tienen la misión de crear una película entre las superficies que deslizan, llenando el espacio existente entre ellas para mantenerlas separadas disminuyendo el rozamiento y el desgaste prolongando así la vida útil del motor.

El lubricante se adhiere a las superficies y el deslizamiento se produce entre las diferentes capas de mismo, resultando de ello un rozamiento mínimo, una menor generación de calor, mayor suavidad y menor ruido.

Los objetivos que debe cumplir un aceite lubricante en el motor son los siguientes:

- Contribuir a generar la estanqueidad de los cilindros, evitando fugas de gases y de combustible.
- Mejorar el rendimiento del motor al reducir el consumo de energía mecánica, disminuyendo así el consumo de combustible.
- Soportar las cargas y esfuerzos a la que está sometido sin ser desplazado, reduciendo las vibraciones, choques y ruidos entre las piezas.
- Soportar las elevadas temperaturas de funcionamiento del motor.
- Mantener su viscosidad cuando el motor está caliente para soportar la presión, y una buena fluidez con el motor frío, para facilitar el arranque a bajas temperaturas.
- Absorber parte del calor de las piezas con las que está en contacto y evacuarlo de manera eficaz hasta el cárter donde es enfriado.
- Limpiar los residuos e impurezas que se generan de las superficies de deslizamiento y arrastrarlas hasta el cárter donde se depositan.
- Evitar la formación de lodos, barros y residuos que puedan obstruir los conductos de engrase.

- Neutralizar los ácidos, aire, agua y sustancias corrosivas debido a la combustión y descomposición del propio lubricante.⁶ Para cumplir con estas funciones, el aceite lubricante debe poseer ciertas características físicas y químicas, que las define el tipo de base, así como también la clase y cantidad de aditivos a utilizar.

2.10 FUNCIONES QUE DESEMPEÑA UN ACEITE LUBRICANTE PARA TRANSMISIONES.

- Reducir al máximo el rozamiento y los desgastes bajo condiciones de gran velocidad de deslizamiento y presiones de contacto muy elevadas. Para ello necesitan una viscosidad adecuada, propiedades de extrema presión (E.P.), propiedades antiespumantes y un punto de congelación bajo.
- Contribuir a refrigerar los mecanismos del sistema de transmisión
- Controlar los deslizamientos para permitir una sincronización rápida y precisa o asegurar, en el caso de embragues sumergidos, un acoplamiento sin ruidos ni vibraciones. Para lo que necesitan aditivos modificadores de la fricción.
- Proteger los mecanismos de las corrosiones y de la herrumbre.
- Eliminar los ruidos y vibraciones, amortiguar los choques.⁷

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA PLANTA MEZCLADORA DE ACEITES LUBRICANTES.

En primer lugar se deben garantizar las materias primas que consisten en bases y aditivos, las bases son traídas de ECOPETROL, los aditivos de Bogotá y Estados Unidos, dichas materias primas serán almacenadas en tanques diseñados de acuerdo a la norma API 650.

⁶www.educarm.es/templates/portal/images/ficheros/websDinamicas/150/secciones/471/contenidos/5818/aceites_lubricantes.doc

⁷ <http://www.castrol.com/castrol/genericarticle.do?categoryId=82915122&contentId=6003743>

El diseño potencial (humano-máquinas) de la planta está pronosticado para:

- Mezclar en turnos de ocho horas diarias.
- Envasar 480 bidones por turno de 5 galones de capacidad, 1200 recipientes con capacidad de 1 galón, y finalmente 1900 recipientes de $\frac{1}{2}$ galón de capacidad, logrando así una producción de 4550 Galones en un turno o en el transcurso de ocho horas.

Asumiendo 22 días de trabajo al mes tenemos como resultado una producción de aproximadamente 100000 Galones al mes, con dicho valor se procederá a realizar los diferentes cálculos mostrados más adelante.

Una vez traídas las materias primas a utilizar podemos indicar el proceso que debe llevar a cabo la planta para obtener el producto listo para la venta en el mercado, para ello se requieren los siguientes pasos:

- Almacenamiento: El almacenamiento de las materias primas se contará con 13 tanques diseñados como se dijo anteriormente con la norma API 650, dichos tanques se distribuyen de la siguiente manera: 10 tanque para almacenar los aditivos debido a su gran variedad y el restante para almacenar las diferentes bases.
- Mezclado: Éste se realiza en tanques que tienen sistema de agitación tipo turbina de cuatro hélices y un calentamiento por medio de vapor suministrado por una caldera, éste vapor que es suministrado por una caldera circula al interior del tanque de mezclado por medio de un serpentín para lograr una óptima homogenización y disminución de la humedad de los lubricantes. Los aceites bases y los aditivos son bombeados desde los tanques de almacenamiento a través de bombas de desplazamiento positivo hacia los tanques de mezcla.
- Envasado: para el envasado se dispone con 2 tipos de envasadora automáticas, una de ella para envasar los recipientes de mayor volumen. las boquillas de los dos tipos funcionan con actuador neumático.

- Bodegaje: para el almacenamiento de productos terminados se contará con una bodega que permitirá almacenar por un tiempo mínimo de un mes de producción en las presentaciones mencionadas anteriormente. para la movilización y despacho la empresa cuenta con un montacargas.

3.1 SERVICIOS AUXILIARES.

El proceso de mezclado requiere de calentamiento para una mejor homogenización, por lo tanto es necesario tener un sistema de calentamiento por medio de un fluido térmico que se calienta en una caldera, el intercambiador de calor estará ubicado alrededor de la parte interna del tanque de mezcla como se indica mas adelante.

3.2 EQUIPOS QUE SE REQUIERN PARA EL PROCESO.

A continuación se muestra un listado de cada uno de los elementos necesarios para instalar e implementar el proceso de mezclado de lubricantes.

- Tanques de almacenamiento: Es en donde se procede a almacenar las materias primas como lo son las bases lubricantes y los diferentes aditivos. En primer medida la empresa se proyectó para 80000 galones de producción mensual, se ha considerado para el diseño una expansión de ventas por lo tanto tendremos un diseño adecuado para 100000 galones mensuales de los cuales el 90% corresponde a bases lubricantes y el restante corresponde a los aditivos.
- Tanques de mezcla: Es de los equipos principales en el proceso de mezclado pues como su palabra lo dice se realiza la respectiva mezcla de cada uno de los aditivos con la correspondiente base lubricante necesaria, de acuerdo a la referencia del lubricante a producir. Para garantizar la producción de varias referencias de aceites al tiempo será necesario la utilización de tres tanques de mezclado. Éstos tanques cuentan con un sistema de agitación tipo turbina de 4 palas inclinadas a 45 grados capaces de generar una dirección de flujo axial, dirección mas adecuada para este tipo de emulsificación, además cuenta con un

sistema de calentamiento en la parte interior, capas de elevar la temperatura a 50C con el fin de bajar la viscosidad Y disminuir la humedad de los lubricantes logrando así menores tiempos de mezclado y desde luego una mejor homogenización.

- Caldera. Se contará con este equipo el cual se utilizará para suministrar el vapor de agua. Este vapor de agua pasará a través de un serpentín ubicado al interior del tanque de mezclado. Lo cual por transferencia de calor se encargaran de elevar a la temperatura indicada para el mezclado, además de eliminar la humedad interna que posee el aceite básico. Los parámetros para su selección como lo son cantidad de energía necesaria, cantidad de flujo másico, pérdidas entre otros serán determinados en el siguiente capítulo.
- Sistema de bombeo: Comprende las bombas hidráulicas propiamente dichas con todas las especificaciones técnicas de funcionamiento, contaremos con 6 Bombas desplazamiento positivo, de las cuales se distribuyen de la siguiente maneras: 1 bomba de engranajes internos con una capacidad de 100gpm (encargada del transporte de los aditivos y bases lubricantes desde el camión tanque hasta los tanques de almacenamiento), 2 bombas de engranajes internos, una de ellas en stand bey con una capacidad de 20gpm cada una (encargada del trasiego de las bases desde los tanques de almacenamiento hasta los mezcladores), 2 bombas, una dosificadora y otra de engranajes internos, ésta ultima en stand bey con una capacidad de 2gpm cada una (encargada del trasiego de los aditivos desde los tanques de almacenamiento hasta los mezcladores), 1 bomba de engranajes internos (encargada del transporte de los aceites hacia los envasadores automáticos)
- Llenadoras. Para la fase de mezclado se utilizaran dos llenadoras, una para el llenado de recipientes pequeños y medianos y la otra para las presentaciones de mayor tamaño,

- Tuberías: corresponde a las líneas de transporte de la zona de descarga, mezclado y llenado, abarca también todo lo que tiene que ver con codos, tes, acoples, reducciones entre otros.
- Accesorios: comprende todo lo que tiene que ver en medidas o control como lo es válvulas ya sean manuales o con actuador eléctrico, manómetros, termocuplas, entre otros.
- La activación de cada una de las boquillas de la envasadora es por medio neumático por lo tanto es necesario la utilización de un compresor para mantener la presión necesaria de abertura y cierre de las boquillas.

4. CÁLCULO Y SELECCIONES DE LOS EQUIPOS REQUERIDOS.

4.1.1 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS DE ACUERDO A LA NORMA A.P.I.650

Los tanques de almacenamiento son los encargados de contener una reserva suficiente de las bases y los aditivos para su uso posterior y/o comercialización. Los tanques de almacenamiento, se clasifican en:

- Cilíndricos Horizontales.
- Cilíndricos Verticales de Fondo Plano.

Los Tanques Cilíndricos Horizontales, generalmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión. Por lo general, se usan para almacenar volúmenes pequeños. Los Tanques Cilíndricos Verticales de Fondo Plano nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas. Estos tipos de tanques se clasifican en:

- De techo fijo: Se emplean para contener productos no volátiles o de bajo contenido de ligeros (no inflamables) como son: agua, diesel, asfalto, petróleo crudo, etc. Debido a que al disminuir la columna del fluido, se va generando una cámara de aire que facilita la evaporación del fluido, lo que es altamente peligroso.

Los techos fijos se clasifican en:

- Techos auto soportados. En este tipo de tanque como su nombre lo dice el techo se soporta por medio del cuerpo del tanque. La no utilización de columnas sostenedoras está restringido por el diámetro del tanque según la norma A.P.I.650 la cual dice que un tanque es de techo auto soportado cuando el diámetro del tanque sea inferior a 12192mm.
- Techos soportados. Se utiliza cuando se requieren grandes dimensiones para almacenar gran volumen de materias primas. Los soportes son columnas que están al interior del tanque.
- De techo flotante: Se emplea para almacenar productos con alto contenido de volátiles como son: alcohol, gasolinas y combustibles en general. Este tipo de techo fue desarrollado para reducir o anular la cámara de aire, o espacio libre entre el espejo del líquido y el techo, además de proporcionar un medio aislante para la superficie del líquido, reducir la velocidad de transferencia de calor al producto almacenado durante los periodos en que la temperatura ambiental es alta, evitando así la formación de gases (su evaporación), y consecuentemente, la contaminación del ambiente y, al mismo tiempo se reducen los riesgos al almacenar productos inflamables.
- Sin techo. Se usan para almacenar productos en los cuales no es importante que éstos se contaminen o que se evaporen a la atmósfera como el caso del agua cruda, residual, contra incendios, etc.⁸

4.1.2 MATERIALES QUE SE EMPLEAN EN LA FABRICACIÓN DE ALMACENAMIENTO. Para el mejor diseño, cálculo y manufactura de tanques de almacenamiento es importante seleccionar el material adecuado dentro de la variedad de aceros que existen en el mercado, por lo que a continuación listamos los materiales más usados con su aplicación:

ESTÁNDAR A.S.T.M. (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS).

⁸ Norma A.P.I 650

- A-36.- ACERO ESTRUCTURAL: Sólo para espesores iguales o menores de 38 mm. (1 1/2 pulg.). Este material es aceptable y usado en los perfiles, ya sean comerciales o ensamblados de los elementos estructurales del tanque.
- A-131.- ACERO ESTRUCTURAL.
GRADO A para espesor menor o igual a 12.7 mm (1/2 pulg.)
GRADO B para espesor menor o igual a 25.4 mm. (1 pulg.)
GRADO C para espesores iguales o menores a 38 mm. (1-1/2 pulg.)
GRADO EH36 para espesores iguales o menores a 44.5 mm (1-3/4pulg)
- A-283.- PLACAS DE ACERO AL CARBÓN CON MEDIO Y BAJO ESFUERZO A LA TENSIÓN.

GRADO C: Para espesores iguales o menores de 25.4mm (1pulg).Este material es el más utilizado, debido a que puede emplear tanto para perfiles estructurales como para la pared, techo, fondo y accesorios del tanque.
- A-285.- PLACA DE ACERO AL CARBÓN CON MEDIO Y BAJO ESFUERZO A LA TENSIÓN.

GRADO C: para espesores iguales de 25.4mm (1pulg).Material recomendable para la construcción del tanque (cuerpo, fondo, techo y accesorios principales), el cual no es recomendable para elementos estructurales debido a que tiene un costo relativamente alto comparado con los anteriores.
- A-516.- PLACA DE ACERO AL CARBÓN PARA TEMPERATURAS DE SERVICIO MODERADO.
GRADOS 55, 60, 65 y 70. Para espesores iguales o menores a 38mm. (1-1/2 pulg.). Este material es de alta calidad y en consecuencia, de costo elevado, por lo que se recomienda su uso en casos en que se requiera de un esfuerzo a la tensión alta, que justifique el costo.
- 53.- GRADOS A Y B. Para tubería en general.

- A-106.-GRADOS A Y B. Tubos de acero al carbón sin costura para servicios de alta temperatura.
- A-105.- FORJA DE ACERO AL CARBÓN PARA ACCESORIOS DE ACOPLAMIENTO DE TUBERÍAS.
- A-181.- FORJA DE ACERO AL CARBÓN PARA USOS EN GENERAL.
- A-193.- GRADO B7. Material para tornillos sometidos a alta temperatura y de alta resistencia, menores a 64mm. (2-1/2 (pulg.), de diámetro.
- A-194.- GRADO 2H. Material para tuercas a alta temperatura y de alta resistencia.
- A-307.- GRADO B. Material de tornillos y tuercas para usos generales.⁹

4.1.3 CÁLCULO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LAS BASES DE ACUERDO A LA NORMA API 650. Este es el recipiente en donde se lleva a cabo el almacenamiento de las bases lubricantes las cuales conforman el 90% de las materias primas necesarias para la producción de lubricantes.

Está constituido por boquillas en la pared del tanque para la salida del fluido, y boquillas en el techo para el venteo, entrada del fluido y entrada del personal de mantenimiento, adicionalmente algunos elementos de control como termocuplas y sensores de nivel.

El volumen total de bases lubricantes es de 90000 galones los cuales serán distribuidos en iguales cantidades por tres tanques de acuerdo al siguiente diseño.

- DATOS PARA EL CÁLCULO

Corresponde a los datos geométricos de referencia como lo es el diámetro y altura del tanque, propiedades del material de fabricación como lo son el tipo de acero con sus propiedades mecánicas y por ultimo algunas propiedades químicas del fluido a almacenar.

⁹ Standard A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials).

Cuadro N. 4 Datos para el cálculo.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
D	Diámetro interior del tanque.	6.6m
H	Altura del tanque	3.3m
A-283-C	Material de fabricación	
S_d	Esfuerzo de diseño del material	1410 Kg/cm^2
S_t	Esfuerzo de prueba hidrostática del material	1580 Kg/cm^2
Fluido(F)	Base lubricante.	
ρ	Densidad del fluido	888 Kg/m^3
C	Corrosión permisible del material	0.16cm

Fuente: Autores del proyecto.

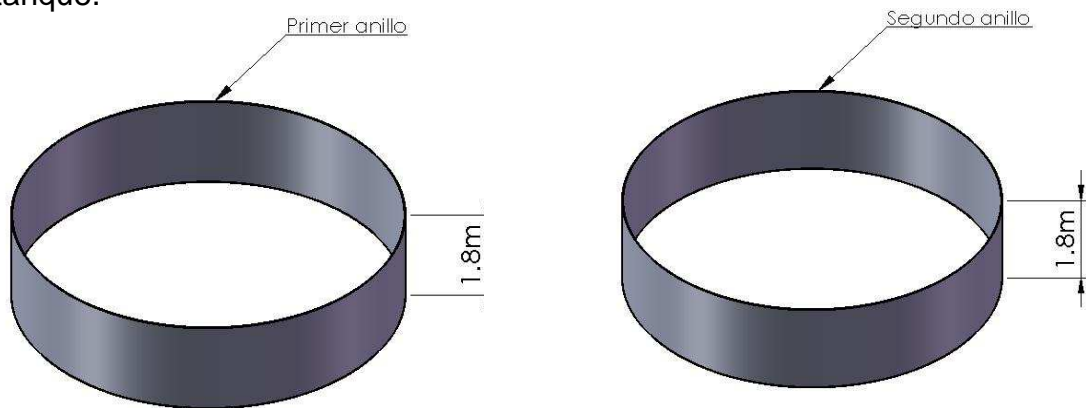
4.1.3.1 DISEÑO Y CÁLCULO DEL CUERPO. Por condiciones de diseño la norma API 650 establece los mínimos espesores del cuerpo para el tanque de almacenamiento en relación con su diámetro como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N.5 Espesor mínimo del cuerpo de un tanque de almacenamiento en relación con el diámetro.

Diámetro nominal en metros	Espesor mínimo en milímetros del cuerpo
< 15.24	4.76
15.24 < 36.576	6.35
36.576 < 60.96	7.93
>60.9	9.52

Fuente, Norma API 650

Figura N 1. Detalles del primer y segundo anillo que conforman el cuerpo del tanque.



Fuente: Autores del proyecto.

El método del cálculo del espesor del cuerpo es conocido como, calculo del espesores del cuerpo por el método de un pie, éste método considera una sección transversal ubicada a 304.8 mm (1 pie) por debajo de la unión de cada anillo. Dicho método solo es aplicable para tanques con diámetro igual o menor de 6960mm (200pies).El modelo matemático para este tipo método se presenta en las siguientes ecuaciones.

Espesor del cuerpo del tanque:

$$t_d = \frac{0.0005D(H - 30.48)\rho}{s_d} + C \quad (1)$$

Donde:

D = Diámetro nominal del tanque.

H = Altura del tanque de almacenamiento

ρ = Densidad del líquido almacenar.

s_d = Esfuerzo permisible por condiciones de diseño.

C = Corrosion permisible del material

Los valores de las propiedades del material (A-283 Grado C) son tomados de la norma A.P.I 650 Como se presenta a continuación.

Cuadro 6. Propiedades de los aceros.

Especificaciones	Grado	Esfuerzo a la tensión	Esfuerzo de diseño	Esfuerzo de prueba
ASTM				
A-283	C	3870	1410	1580
A-285	C	3870	1410	1580
A-131	A,B,C,S	4080	1600	1750
A-36		4080	1630	1750
A-131	EH36	4990	1200	2140
A-442	55	3870	1410	1580
A-442	60	4220	1500	1690
A-573	58	4080	1500	1690
A-573	65	4570	1640	1850
A-573	70	4920	1970	2110
A-516	55	3870	1410	1580
A-516	60	4220	1500	1690
A-516	65	4570	1640	1850
A-516	70	4920	1780	2000
A-662	B	4570	1830	1960
A-662	C	4920	1970	2110
A-537	1	4920	1970	2110
A-537	2	5620	2250	2410

A-633	C,D	4920	1970	2110
A-678	A	4920	1970	2110
A-678	B	5620	2250	2410
A-737	B	4920	1970	2110

Fuente: Norma A.P.I 650

Cuerpo del tanque. Está constituido por anillos circulares de acero A-283-C Los cuales están soldados entre sí.

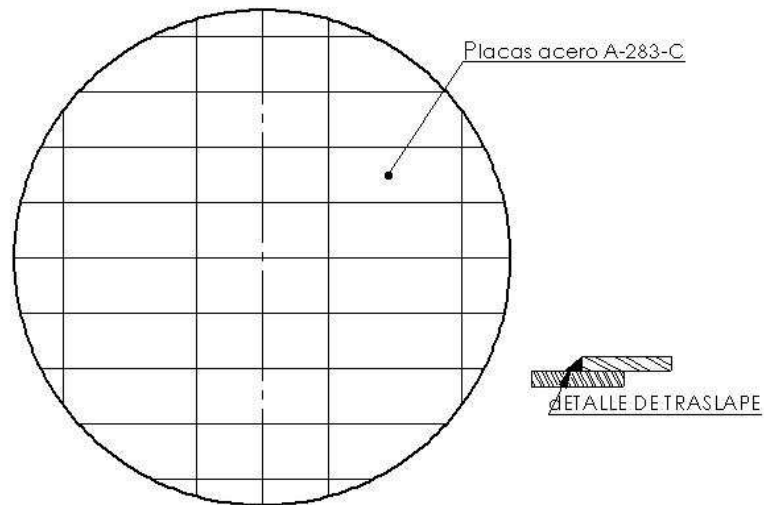
Cuadro N 7. Característica del cuerpo del tanque.

Espesor primer anillo	Espesor segundo anillo.	Ecuación N°	Material.
5mm	6mm	1	Acero A-283-c

Fuente: Autores del proyecto.

4.1.3.2 DISEÑO Y CALCULO DEL FONDO. Los fondos de tanques de almacenamiento cilíndricos verticales son generalmente fabricados de placas de acero con un espesor igual o menor al usado en el cuerpo. Esto es posible para el fondo, debido a que es soportado por una base de concreto, arena o asfalto, los cuales soportarán el peso de la columna del producto; además, la función del fondo es lograr la hermeticidad para que las materias primas no se filtren por la base.

Figura N 2. Detalles del Fondo.



Fuente: Autores del proyecto.

El fondo tendrá que ser de un diámetro mayor que el diámetro exterior del tanque, por lo menos, 51mm. (2 pulg.) más en el ancho del filete de soldadura de la unión entre cuerpo y el fondo. Las placas con las que se habilite el fondo deberán tener preferentemente un ancho de 1,829mm. (72 pulg.) con una longitud comercial que se obtengan en el mercado.

Generalmente los fondos se forman con placas traslapadas, esto se hace con el fin de absorber las deformaciones sufridas por el fondo si las placas fueran soldadas al tope.

El espesor de la placa anular no será menor al listado del cuadro 6 más la corrosión permisible especificada.¹⁰

¹⁰ Norma A.P.1650

Cuadro 8. Espesor mínimo del fondo y placa anular en milímetros

Espesor Mínimo(mm) del Primer Anillo del Cuerpo	Esfuerzo Hidrostática	Calculado en el	Para Primer	Prueba Anillo del
	Cuerpo.	(Kg/cm ²)		
	<1989	<2109	<2320	<2530
t<19.05	4.5	6.35	7.14	8.73
09.05<25.4	6.35	7.14	9.52	11.11
25.4<31.75	6.35	8.73	11.91	14.28
31.75<38.10	7.93	11.11	14.28	17.46
38.10<44.45	8.73	12.7	15.87	19.05

Fuente: Norma API 650

El cálculo del espesor mínimo del fondo del tanque consiste en realizar un apareamiento con el valor mínimo del espesor del primer anillo del cuerpo y su esfuerzo para prueba hidrostática (S_h), dicho esfuerzo está determinado de la siguiente forma.

$$S_h = \frac{0.0005D(H - 30.48)G}{t} \quad (2)$$

Donde:

D = Diámetro nominal del tanque.

H = Altura del tanque de almacenamiento

G = Densidad relativa del líquido almacenar.

t_d = espesor del primer anillo.

Conocido el valor del esfuerzo para prueba hidrostática (S_h), y el espesor del primer anillo del cuerpo t_d obtenemos en el cuadro 8 el valor mínimo del espesor del fondo del tanque.

Cuadro N.9 Características del fondo del tanque.

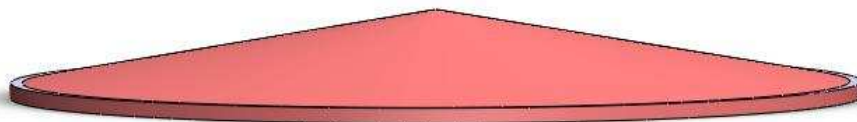
Espesor del fondo.	Ecuación N°	Material
5mm	2 y cuadro N. 8	A-283-C

Fuente: Autores del proyecto.

Para la elaboración del fondo es necesario utilizar las placas más largas que existen en el mercado ya que resultan ser las más económicas,

4.1.3.3 DISEÑO Y CALCULO DEL TECHO. En este caso que es un tanque relativamente pequeño, además que las sustancias que se almacenan no son volátiles es necesario la utilización de un tanque con techo fijo, cónico, además por tener un diámetro menor de 12192mm(40pies) se utiliza un techo auto soportado, es decir no es necesario de columnas ni estructuras que sostengan el techo. Los techos cónicos auto soportados tendrán como máximo una pendiente de 9:12(37°) y como mínimo 2:12(9.5°) con respecto a la horizontal.

Figura N 3. Detalles del techo a diseñar.



Fuente: autores del proyecto.

El espesor estará determinado por la siguiente expresión, y no deberá ser menor de 4.76 mm. (3/16 pulg.), y no mayor de 12.7 mm. (1/2 pulg.).de acuerdo a estos valores se procede a determinar un valor de pendiente que nos garantice que el espesor del techo este en este rango, esta limitaciones de dimensiones se hacen con el fin de no obtener un techo pesado y a su vez el de no presentar dificultad en su construcción.

$$Tt = \frac{D}{4800 \text{sen}\theta} \quad (3)$$

Donde:

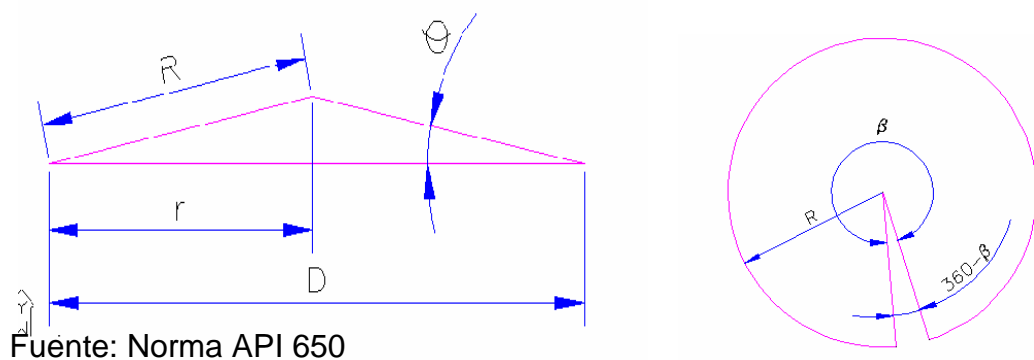
Tt = *espesor del techo minimo requerido*

D = *Diámetro del tanque.* ▪

θ = *angulo con respecto a la horizontal o pendiente del techo (15).*

El armado del techo sigue los mismos requerimientos y procedimientos que el fondo; estos son generalmente fabricados por placas rectangulares soldadas a tope, partiendo de un disco cuyo radio es la hipotenusa del cono en el cual se distribuirán las placas. A dicho disco se le practicará un corte para que el techo, al ser izado, cierre y tome forma de cono, de acuerdo al siguiente detalle.

Figura 4. Procedimiento construcción del techo.



DONDE:

D = Diámetro de asientos del cono (cm.).

$r = D/2$

R = Radio del disco o hipotenusa del cono (cm.).

θ = Angulo del cono con respecto a la horizontal (grados).

β = Angulo de corte del disco

Este techo por su dimensión es armado al nivel del piso, para posteriormente ser levantados y colocados sobre el tanque, lo cual puede ser por sectores o totalmente armado.

Cuadro N.10 Características del techo del tanque de almacenamiento.

Espesor del techo	ECUACIÓN N°	Material
6mm	3	A-283-C

Fuente: Autores del proyecto.

4.1.3.4 CÁLCULO POR SISMO. Para el diseño de tanques verticales es muy importante analizar cómo afectan los movimientos telúricos y más si se trata de una zona de un alto grado de sismicidad como es la de este caso, a continuación se realizara los diferentes cálculos que nos muestre si el tanque con las dimensiones ya calculadas tiene o no volcadura, sin antes detallar las siguientes especificaciones:

- Cuando la alta frecuencia relativa amplificada provoca un movimiento lateral del terreno sobre el que está situado el tanque, la cantidad de líquido que el recipiente contiene, se mueve constantemente con el cuerpo del tanque.
- Cuando la baja frecuencia relativa amplificada provoca un movimiento de la masa del líquido contenido, ocasiona un oleaje dentro del tanque poniendo en alto riesgo su estabilidad.

El movimiento lateral de las masas, genera fuerzas que actúan en el centro de gravedad del tanque, ocasionando la inestabilidad del conjunto, que multiplicado por el brazo de palanca respecto del fondo, originan un momento de volcadura, produciendo una compresión longitudinal, provocando la deformación del cuerpo.

4.1.3.4.1 MOMENTO DE VOLTEO. El momento de volteo se determina mediante la siguiente expresión, efectuando los cálculos respectivos a la base del tanque.

$$M = ZI(C_1 W_s R + C_1 W_r H + C_1 W_1 X_1 + C_2 W_2 X_2) \quad (4)$$

Donde:

$M =$ Momento de volteo (kg.m)

$Z =$ Coeficiente sísmico.

$I =$ Factor de rigidez.

C_1 Y $C_2 =$ Coeficientes de fuerza lateral sísmica

$W_s =$ Peso total del cuerpo del tanque

$R =$ radio del tanque

$W_r =$ Peso total del techo del tanque

$W_T =$ Peso total del fluido del tanque.

$H =$ Altura total del cuerpo del tanque

$W_1 =$ Peso de la masa efectiva contenida en el tanque.

$X_1 =$ Altura desde el fondo del cuerpo del tanque al centroide de la fuerza lateral sísmica W_1 .

$X_2 =$ Altura desde el fondo del cuerpo del tanque al centroide de la fuerza lateral sísmica W_2 .

$W_2 =$ Peso efectivo de la masa contenida por el tanque que se mueve en el primer oleaje.

Datos del proceso: corresponden a datos geométricos del tanque y coeficientes sísmicos sugeridos por la norma NSR98 (Normas Colombianas de Diseño y construcción Sismo resistente.)

Cuadro N.11 Datos de proceso.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALOR
Z	Coeficiente sísmico del municipio de girón.	0.25
I	Factor de rigidez	1
C_1	Coeficiente de fuerza lateral sísmica.	0.24
H	Altura del tanque	3.3m

Fuente: Autores del proyecto.

El coeficiente sísmico depende de la posición geográfica, de acuerdo a la norma NSR98 (Normas Colombianas de Diseño y construcción Sismo Resistentes) y teniendo en cuenta que la ubicación de la planta será en el

Cuadro N 12. Tabulación de los factores sísmicos de Colombia

DEPARTAMENTO DE SANTANDER							
MUNICIPIO	A _s	A _d	ZONA DE AMENAZA SISMICA	MUNICIPIO	A _s	A _d	ZONA DE AMENAZA SISMICA
BUCARAMANGA	0.25	0.04	ALTA	LA BELLEZA	0.20	0.04	INTERMEDIA
AGUADA	0.20	0.05	INTERMEDIA	LANDAZURI	0.20	0.04	INTERMEDIA
ALBANIA	0.20	0.04	INTERMEDIA	LA PAZ	0.20	0.04	INTERMEDIA
ARATOCA	0.25	0.04	ALTA	LEBRIJA	0.25	0.04	ALTA
BARBOSA	0.20	0.04	INTERMEDIA	LOS SANTOS	0.25	0.04	ALTA
BARICHARA	0.25	0.05	ALTA	MACARAVITA	0.25	0.04	ALTA
BARRANCABERMEJA	0.15	0.04	INTERMEDIA	MALAGA	0.25	0.04	ALTA
BETULIA	0.25	0.05	ALTA	MATANZA	0.25	0.04	ALTA
BOLIVAR	0.20	0.04	INTERMEDIA	MOGOTES	0.25	0.04	ALTA
CABRERA	0.20	0.05	INTERMEDIA	MOLAGAVITA	0.25	0.04	ALTA
CALIFORNIA	0.25	0.04	ALTA	OCAMONTE	0.25	0.04	ALTA
CAPITANEJO	0.30	0.04	ALTA	OIBA	0.20	0.05	INTERMEDIA
CARCASI	0.30	0.04	ALTA	ONZAGA	0.25	0.04	ALTA
CEPITA	0.25	0.04	ALTA	PALMAR	0.20	0.05	INTERMEDIA
CERRITO	0.25	0.04	ALTA	PALMAS SOCORRO	0.20	0.05	INTERMEDIA
CHARALA	0.25	0.04	ALTA	PARAMO	0.25	0.05	ALTA
CHARTA	0.25	0.04	ALTA	PIEDRECUESTA	0.25	0.04	ALTA
CHIMA	0.20	0.05	INTERMEDIA	PINCHOTE	0.25	0.05	ALTA
CHIPATA	0.20	0.04	INTERMEDIA	PUENTE NACIONAL	0.20	0.04	INTERMEDIA
CIMITARRA	0.15	0.04	INTERMEDIA	PUERTO PARRA	0.15	0.04	INTERMEDIA
CONCEPCION	0.25	0.04	ALTA	PUERTO WILCHES	0.15	0.03	INTERMEDIA
CONFINES	0.20	0.05	INTERMEDIA	RIONEGRO	0.25	0.04	ALTA
CONTRATACION	0.20	0.05	INTERMEDIA	SABANA DE TORRES	0.20	0.04	INTERMEDIA
COROMORO	0.25	0.04	ALTA	SAN ANDRES	0.25	0.04	ALTA
CURITI	0.25	0.04	ALTA	SAN BENITO	0.20	0.04	INTERMEDIA
EL CARMEN DE CHUCURI	0.20	0.05	INTERMEDIA	SAN GIL	0.25	0.05	ALTA
EL GUACAMAYO	0.20	0.05	INTERMEDIA	SAN JOAQUIN	0.25	0.04	ALTA
EL PENON	0.20	0.04	INTERMEDIA	SAN JOSE DE MIRANDA	0.25	0.04	ALTA
EL PLAYON	0.25	0.04	ALTA	SAN MIGUEL	0.25	0.04	ALTA
ENCINO	0.25	0.04	ALTA	SAN VICENTE DE CHUCURI	0.20	0.05	INTERMEDIA
ENCISO	0.25	0.04	ALTA	SANTA BARBARA	0.25	0.04	ALTA
FLORIAN	0.20	0.04	INTERMEDIA	SANTA HELENA DEL OPO	0.20	0.04	INTERMEDIA
FLORIDABLANCA	0.25	0.04	ALTA	SIMACOTA	0.20	0.05	INTERMEDIA
GALAN	0.20	0.05	INTERMEDIA	SOCORRO	0.20	0.05	INTERMEDIA
GAMBITA	0.20	0.04	INTERMEDIA	SUAITA	0.20	0.05	INTERMEDIA
GIRON	0.25	0.04	ALTA	SUCRE	0.20	0.04	INTERMEDIA
GUACA	0.25	0.04	ALTA	SURATA	0.25	0.04	ALTA
GUADALUPE	0.20	0.05	INTERMEDIA	TONA	0.25	0.04	ALTA
GUAPOTA	0.20	0.05	INTERMEDIA	VALLE DE SAN JOSE	0.25	0.05	ALTA
GUAVATA	0.20	0.04	INTERMEDIA	VELEZ	0.20	0.04	INTERMEDIA
GUEPSA	0.20	0.04	INTERMEDIA	VETAS	0.25	0.04	ALTA
HATO	0.20	0.05	INTERMEDIA	VILLANUEVA	0.25	0.05	ALTA
JESUS MARIA	0.20	0.04	INTERMEDIA	ZAPATOCA	0.25	0.05	ALTA
JORDAN	0.25	0.04	ALTA				

Fuente: NSR98 (Normas Colombianas de Diseño y construcción Sismo resistente)

4.1.3.4.2 CALCULO DEL PESO TOTAL DEL CUERPO DEL TANQUE

(W_s). Conocido los espesores y las alturas de los diferentes anillos que conforman el cuerpo del tanque y su densidad se calcula un peso total promedio como se presenta a continuación.

$$W_s = \rho V = \rho \pi D H t_p \quad (5)$$

Donde

$V =$ Volumen total del cuerpo del tanque.

$\rho =$ Densidad del acero(A283C) del cuerpo) = 7800 Kg/m^3

$D =$ Diametro del tanque = 6.6m

$H =$ Altura del tanque = 3.3m

$t_p =$ Espesor promedio del tanque. = 5.5mm

4.1.3.4.3 CALCULO DEL PESO TOTAL DEL TECHO (W_r). De la misma forma como es calculado el peso del cuerpo del tanque es calculado el peso total del techo.

$$W_r = \rho V = \frac{\rho \pi D_t^2 t_t}{4} \quad (6)$$

Donde:

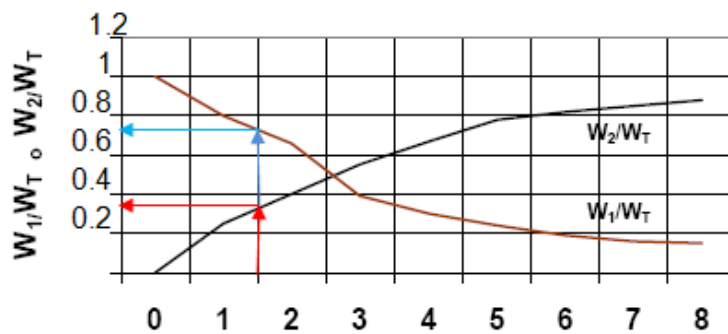
$t_t =$ Espesor del techo = 5mm .

$$D_t = \text{Diametro del techo} = \frac{D}{\cos\theta} = \frac{6.6}{\cos 15} = 6.83\text{m}$$

4.1.3.4.4 CALCULO DE LAS MASAS EFECTIVAS (W_1 Y W_2)

Las masas efectivas (W_1 Y W_2) se determinarán multiplicando la masa total de la base almacenada (W_T) por las relaciones $\frac{W_1}{W_T}$ y $\frac{W_2}{W_T}$ respectivamente obtenidas en la siguiente figura por medio de la relación entre el diámetro y altura del tanque (D/H). que para este caso es igual a 2.

Figura N.6 Masa Efectiva en relación entre la masa total del liquido.



Fuente: Norma API 650

D/H

Con la relación diámetro y altura del tanque (D/H) De acuerdo a la anterior figura se obtienen las relaciones de masa efectivas con relación a la masa total del fluido, $\frac{W_1}{W_T}$ y $\frac{W_2}{W_T}$, la masa total del fluido almacenado se calcula de la siguiente forma

$$W_T = \rho V_t \quad (7)$$

Donde:

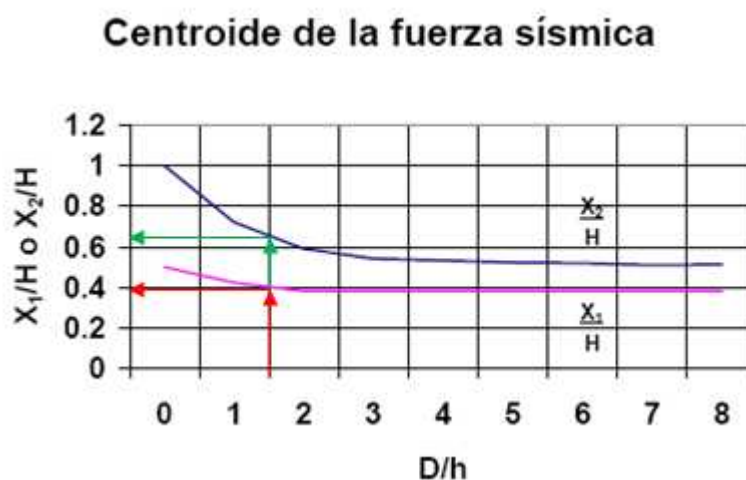
$\rho =$ Densidad de la base

$V_t =$ Volumen del tanque.

$$V_t = \frac{\pi D^2 * H}{4} \quad (8)$$

4.1.3.4.5 CALCULO DE LAS ALTURAS DESDE EL FONDO DEL TANQUE AL CENTROIDE (X_1 Y X_2) EN DONDE SON APLICADAS LAS FUERZAS SISMICAS LATERALES (W_1 y W_2). Las alturas desde el fondo del tanque a los centroides de las fuerzas sísmicas laterales, aplicadas a W_1 y W_2 , (X_1 y X_2), se determinan multiplicando H por las relaciones X_1/H y X_2/H respectivamente obtenidas de la Figura 7 mediante la relación de diámetro y altura del tanque (D/H)

Figura N 7. Centroide de la fuerza sísmica.



Fuente: Norma API 650

4.1.3.4.6 CALCULO DEL COEFICIENTE LATERAL SISMICO C_2 . El coeficiente C_2 de la fuerza lateral será determinado por la función del periodo natural T y las condiciones del terreno donde se sitúa el tanque.

Cuando $T < 4.5$

$$C_2 = \frac{0.3S}{T} \quad (9)$$

Cuando $T > 4.5$

$$C_2 = \frac{1.35 S}{T^2} \quad (10)$$

$$T = K\sqrt{D} \quad (11)$$

DONDE:

$S =$ Factor de amplificación

$T =$ periodo natural de ondulación en segundos

$K =$ Factor sismico.

El Factor de amplificación depende del terreno en el cual será instalado el tanque, por lo tanto se hacen las siguientes consideraciones de acuerdo a la clasificación de los terrenos.

- Terrenos firmes; como tepetate, arenisca medianamente cementada, arcilla muy compacta o suelo con características similares.
- Suelo de baja rigidez; como arenas no cementadas o limos de mediana o alta compacidad, arcillas de mediana compacidad o suelos de características similares.
- Arcillas blandas muy compresibles.

Según el ordenamiento territorial del municipio de girón el selo se considera con un terreno de baja rigidez, de acuerdo a esta clasificación el factor de amplificación (S) Para este tipo de terreno es 1 como lo muestra la siguiente figura.

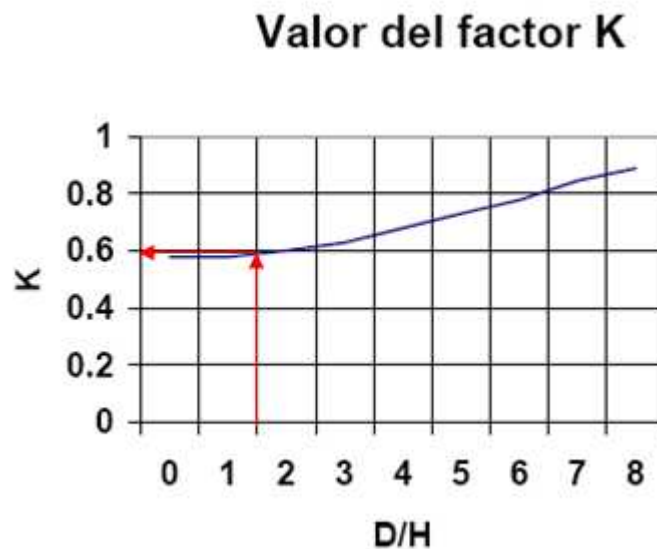
Cuadro 13. Factor de amplificación del lugar.

Tipo de Suelo	Factor de Amplificación
I	1.0
II	1.0
III	1.5

Fuente: Norma API650

4.1.3.4.7 CÁLCULO DEL FACTOR SISMICO K. El cálculo se realiza mediante método grafico dado por la relación que existe entre el diámetro y altura del tanque.

Figura 8. Valor del coeficiente k.



Fuente: Norma API 650

Conocido los valores de la constante sísmica (K) Y el diámetro del tanque D, hacemos uso de la ecuación (11) para calcular el periodo de ondulación. Una vez calculado se corrobora si es menor de 4.5, si lo es, calculamos el coeficiente sísmico C_2 de acuerdo a la formula (9), de lo contrario se hará uso de la ecuación (10).

Finalmente de acuerdo a los parámetros para el cálculo del momento de volteo (M),se corrobora con las resistencia a la volcadura que tiene el tanque de

acuerdo a sus dimensiones y posición geográfica mediante el siguiente criterio que ofrece la norma A.P.I 650.

Cuando $\frac{M}{D^2 (W_t + W_l)}$ (12) es mayor de 1.57, el tanque es estructuralmente

inestable y se debe tomar las siguientes medidas.

- Incrementar el espesor del cuerpo del tanque (t)
- Reducir la relación de esbeltez, incrementando el diámetro del tanque y reduciendo su altura.
- Anclar el tanque.

En donde:

W_l = Peso máximo del líquido contenido en el tanque para resistir la volcadura.

W_t = *Peso total del cuerpo del tanque y del techo.*

M = *Momento de volqueo.*

D = *Diámetro del tanque*

El valor del peso total W_t se calcula mediante la suma de la ecuación 5 y 6 que consisten en el peso del cuerpo y techo del tanque respectivamente.

El peso máximo del líquido contenido en el tanque que resiste la volcadura está dado por:

$$W_l = 0.29369 t_f \sqrt{(F_{BY} \rho H)} \quad (13)$$

Donde:

t_f = *Espesor de la lamina del fondo.*

ρ = *Densidad de la base lubricante*

F_{BY} = *Esfuerzo mínimo de sedencia del fondo* = $2110 \frac{Kg}{cm^2}$.

H = *altura del tanque.*

Cuadro N.14 Datos del cálculo de la estabilidad del tanque de almacenamiento.

DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	Nº ECUACION	VALOR
Peso total del cuerpo del tanque	$W_s = \rho V = \rho \pi D H t_p$	5	2935 Kg
Peso total del techo del tanque	$W_r = \rho V = \frac{\rho \pi D_t^2 t_t}{4}$	6	1429Kg
Volumen del tanque	$V_t = \frac{\pi D^2 * H}{4}$	8	$113m^3$
Peso total del la base almacenada.	$W_T = \rho V_t$	7	100344Kg
Masa efectiva W1	$0.35 * W_T$	figura N.6	35120Kg
Masa Efectiva W2	$0.65 * W_T$	figura N6	65224Kg
Distancia desde el fondo del tanque a donde se aplica w1	$X_1 = 0.4 * H$	figura N.7	1.32m
Distancia desde el fondo del tanque a donde se aplica w2	$X_2 = 0.65 * H$	figura N.7	2.145m
Constante Sísmica (K)	Método Grafico con dato de entrada (D/H)=2	figura N.8	$0.6 \frac{s}{m^2}$
Periodo natural de ondulación.	$T = K \sqrt{D}$	11	1.54segundos

Coeficiente lateral sísmico.	$C_2 = \frac{0.3S}{T} ; T < 4.5S$	9	0.194
Momento de volteo	$M = ZI(C_1 W_5 R + C_1 W_7 H + C_1 W_1 X_1 + C_2 W_2 X_2)$	4	41723.7Kg-m
Peso máximo en el líquido para resistir la volcadura.	$Wl = 0.29369 t_f \sqrt{F_{BY} \rho H}$	13	365Kg-m
Criterio de estabilidad.	$\frac{M}{D * (W_t + W_l)}$	12	1.33 < 1.57 Tanque estable.

Fuente: Autores del proyecto.

Según el análisis de estabilidad del tanque realizado mediante la comparación del valor de la ecuación número 12 y el valor límite 1.57 según la norma A.P.I 650 se tiene un tanque estructuralmente estable, es decir el tanque resiste los movimientos sísmicos de la zona sin necesidad de tener anclajes, aumentar la relación de diámetro con respecto a la altura (D/H), y aumentar el espesor del cuerpo del tanque.

4.1.3.5 BOQUILLAS EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO. Todos los tanques de almacenamiento deberán estar provistos de boquillas, las que a continuación se enlistan como las mínimas requeridas que deberán ser instaladas en los tanques de almacenamiento.

- 1.- Entrada (s) de producto (s).
- 2.- Salida (s) de producto (s).
- 3.- Drenaje.
- 4.- Venteo (s).
- 5.- Entrada (s) de hombre.
- 6.- Conexiones para indicador y/o control de nivel.

4.1.3.5.1 BOQUILLAS EN LAS PAREDES DEL TANQUE. Las boquillas en la pared del tanque corresponden a las siguientes:

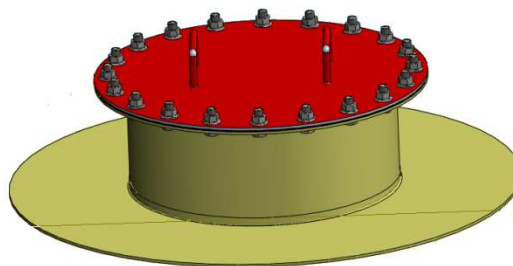
- Entrada hombre
- Drenaje.
- Salida del producto

4.1.3.5.1.1 BOQUILLA ENTRADA HOMBRE. El tanque de almacenamiento contará con una entrada hombre en el cuerpo con la finalidad de poder realizar limpieza, revisiones o reparaciones al interior del tanque.

Para el cálculo de los espesores de la boquilla de entrada del hombre se realiza apareando los siguientes parámetros.

- Altura del tanque.
- Diámetro de la tapa

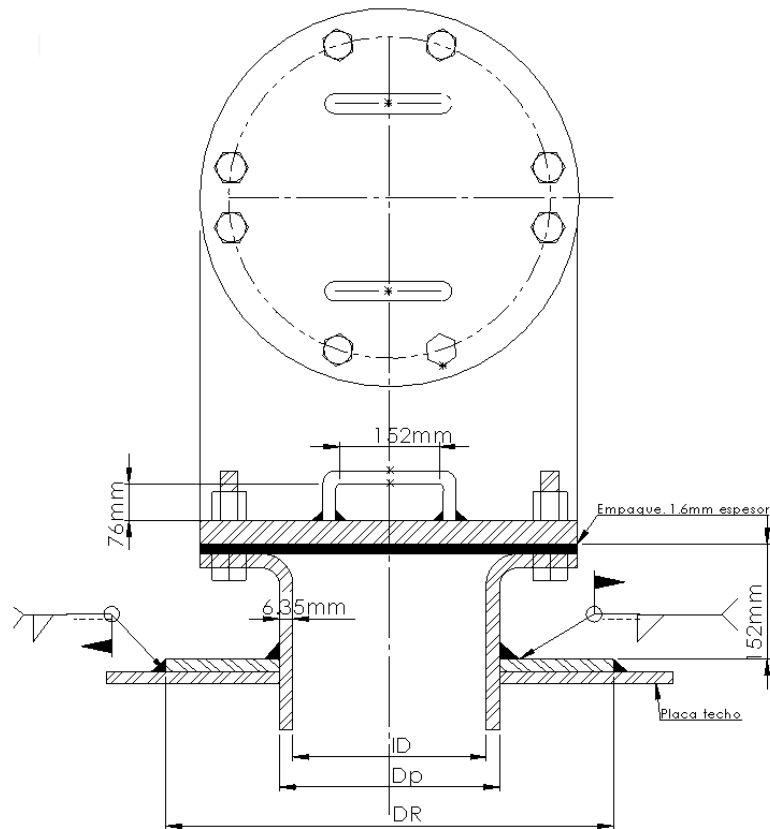
Figura N.9 Esquema de la boquilla de entrada de personal.



Fuente Autores del proyecto.

El diámetro de la tapa de entrada se selecciona de acuerdo al criterio del diseñador teniendo en cuenta el tamaño del tanque, en este caso por ser un tanque pequeño se toma un diámetro de 610 mm. Para las dimensiones de las boquillas se presenta el siguiente cuadro.

Figura N.10 Detalles boquilla de entrada.



Fuente: Norma A.P.I 650

Cuadro 15. Espesor del cuello, de la tapa plana y brida de la entrada de hombre (mm)

Altura Del tanque	Presión hidrostática $a \frac{kg}{cm^2}$	Espesor de la tapa plana(mm)				Espesor mínimo del cuello y Brida de la boquilla (mm).			
		Diámetro De 508 mm	Diámetro de 610 mm	Diámetro de 762 mm	Diámetro de 914 mm	D. de 508 mm	D de 610 mm	D. de 762 mm	D de 914 mm
4000	0.64	7.93	9.52	11.11	12.7	6.35	6.35	7.93	9.52
8230	0.82	9.52	11.11	12.7	14.28	6.35	7.93	9.52	11.11
9754	0.97	9.52	11.11	14.28	15.87	6.35	7.93	11.11	12.7
12192	1.21	11.11	12.7	15.87	17.46	7.93	9.52	12.7	14.28
13716	1.37	12.7	14.28	15.87	19.05	9.52	11.11	12.7	15.87
16459	1.64	12.7	14.28	17.46	20.63	9.52	11.11	14.28	17.46
19812	1.98	14.28	15.87	19.05	22.22	11.11	12.7	15.87	19.05

Fuente: Norma API 650

Los espesores de la tapa, cuello y brida se seleccionan con un diámetro de boquilla de 610 mm y una altura de 4000 mm, debido a que la norma A.P.I 650 no registra valores inferiores a este valor.

Cuadro N16. Datos para la selección.

DESCRIPCION.	VALOR.
Diámetro de boquilla.	610mm
Altura del tanque	3400mm

Fuente: Autores del proyecto.

Cuadro N.17 Espesores de la boquilla de acuerdo al cuadro 15.

DESCRIPCION	VALOR
Espesor mínimo de la tapa plana	9.52 mm
Espesor mínimo de cuello y brida.	6.35mm por norma

Fuente: Autores del proyecto.

Conocido los espesores mínimos y el diámetro que tiene la boquilla, se presenta en el siguiente cuadro sus características.

Cuadro N 18. Dimensiones de entrada hombre de 610 mm

Espesor mínimo de cuello y brida mm	Longitud de la placa de refuerzo (L)mm	Ancho de la placa de refuerzo (W) mm	Diámetro del anillo hembra (IDr)mm	Diámetro del anillo macho (IDp)mm
4.76	1372	1651	676	610
6.35	1372	1644	667	610
7.93	1365	1638	670	610
9.52	1359	1625	667	610
11.1	1359	1625	663	610
12.7	1352	1613	660	610
14.28	1346	1600	657	610
15.87	1340	1594	654	610
17.46	1333	1581	574	610

Fuente: Norma A.P.I

Teniendo como referencia el Espesor mínimo del cuello y brida del registro (6.35mm), calculado anteriormente, se selecciona los demás parámetros de la boquilla de entrada de hombre, como se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N.19 Dimensiones de la boquilla de entrada de hombre seleccionada.

DESCRIPCION	VALOR(mm)
Longitud de la placa de refuerzo(L)	1372
Ancho de la placa de refuerzo(W)	1644
Diámetro del anillo hembra(IDr)	667
Diámetro anillo macho (IDp)	610

Fuente: Autores del proyecto.

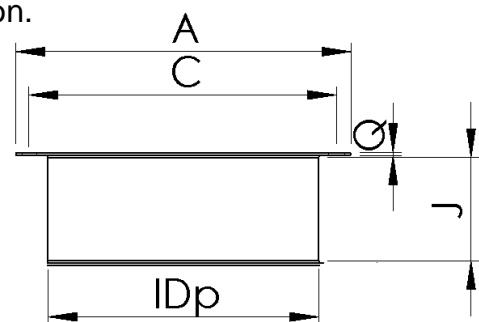
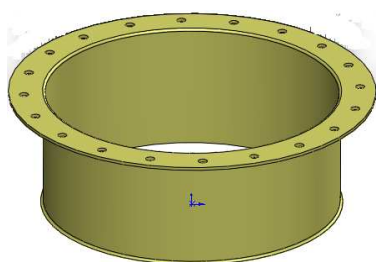
Las boquillas serán conectadas por medio de bridas, su descripción se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N. 20 Dimensiones de la brida para la boquilla de entrada de hombre en mm

Diámetro o anillo macho (IDp)	Espesor mínimo de la brida (Q)	Diámetro exterior de la brida (A)	Diámetro del círculo de los agujeros (C)	Numero de agujeros	Diámetro de los agujeros	Diámetro de los tornillos	Proyección exterior mínima (J)
610	47.62	813	749	20	34.92	31.75	305

Fuente: Norma A.P.I 650

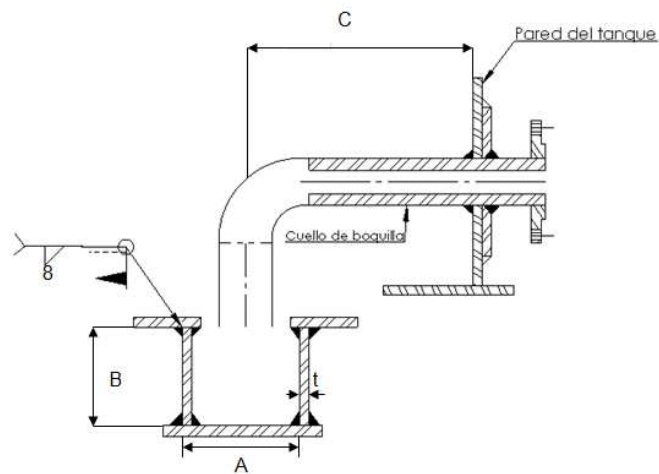
Figura N.11 Detalles de la brida de conexión.



Fuente: Autores del proyecto.

4.1.3.5.1.2 BOQUILLA DE DRENAJE. Los tanques de almacenamiento cuentan con una boquilla por lo menos para el drenado de lodos, el cual podrá estar ubicado en la parte inferior del tanque o a ras con el fondo, en este caso se ubicará a ras y sus dimensiones dependen del diámetro del tubo de descarga. Éste diámetro se toma por criterio del diseñador basados en el rango de valores que ofrece la norma A.P.I 650. Para este caso se toma un valor intermedio igual a 76mm, en relación con este valor se seleccionan las demás dimensiones del drenaje como se presenta en el siguiente cuadro.

Figura 12. Detalles geométricos y de construcción del drenaje.



Fuente: Norma A.P.I 650

Cuadro 21. Dimensiones del Drenaje de acuerdo a diferentes diámetros de tubos de descarga (mm)

Diámetro Nominal del tubo	Diámetro Del Sumidero A	Profundidad del sumidero B	Distancia del centro del tubo de la pared del tanque(mm)C	Espesor de las placas del sumidero t	Espesor mínimo del tubo	Espesor mínimo de la boquilla
152	1524	914	2590	11.11	6.35	10.97
102	1219	610	2057	9.52	6.35	8.56
76	914	457	1524	9.52	6.35	7.62
51	610	305	1067	7.93	5.54	5.54

Fuente: Norma API 650

Para una mejor visualización de las dimensiones y plano del drenaje se presenta el siguiente cuadro de descripción

Cuadro N.22 Descripciones del drenaje

DESCRIPCION	VALOR(mm)
Diámetro nominal del tubo	76
Diámetro del sumidero (A)	914
Profundidad del sumidero (B)	457
Distancia del centro del tubo a la pared del tanque (C)	1524
Espesor de las placas de suministro(t)	9.52
Espesor mínimo del tubo	6.35
Espesor mínimo de la boquilla	7.62

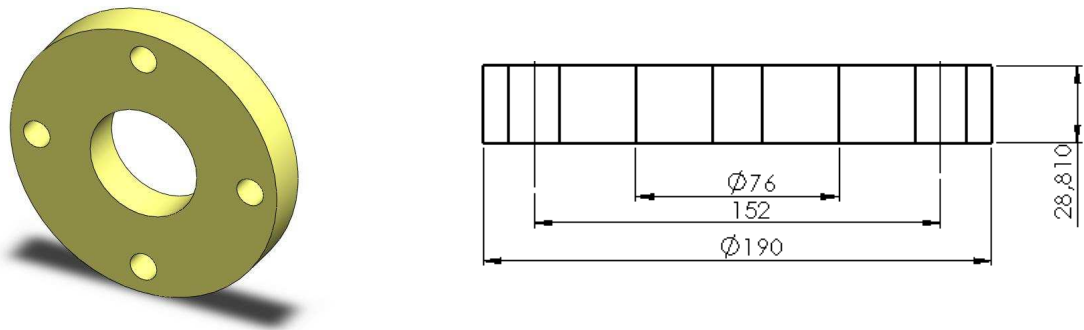
Fuente: Autores del proyecto.

Cuadro N 23. Dimensiones de la brida para la boquilla de drenaje.

Diámetro anillo macho (IDp)	Espesor mínimo de la brida (Q)	Diámetro exterior de la brida (A)	Diámetro del círculo de ubicación de los agujeros (C)	Numero de agujeros	Diámetro de los agujeros	Diámetro de los tornillos
76	23.81	190	152	4	19.05	15.87

Fuente: Norma A.P.I 650

Figura N 13. Detalles de la brida de drenaje



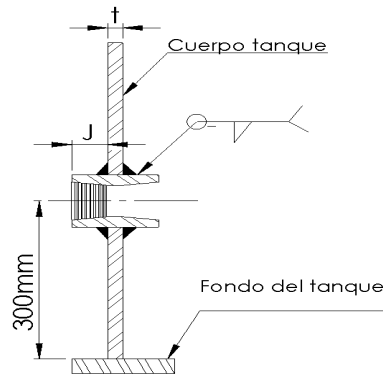
Fuente: Autores del proyecto

4.1.3.5.1.3 BOQUILLA PARA SALIDA DEL FLUIDO. Es la encargada de permitir la evacuación del fluido hacia los tanques de mezclado, ubicada en el cuerpo del tanque a una distancia de 30 cm con respecto al fondo del tanque, su selección se realiza mediante el diámetro de la línea de descarga de los tanques y sus dimensiones de acuerdo a este diámetro se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 24. Dimensiones para cuellos de boquillas (mm)

Tamaño de boquilla o diámetro exterior del tubo	Diámetro exterior del tubo	Espesor nominal de la boquilla.	Diámetro exterior de la placa de refuerzo DR	Proyección exterior mínima J
305	432	12.7	327	229
254	381	12.7	276	229
203	330	12.7	222	2003
152	279	11	171	2003
102	229	8.5	117	178
60	203	7.6	92	178
51	178	5.5	63	152
38	152	5.1	51	152
19	102	4	36	152

Figura. N 14 Detalles de la boquilla de salida del fluido.

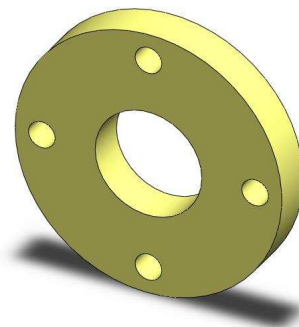
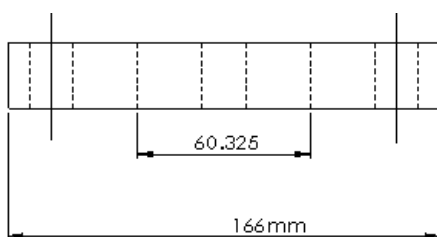


Fuente: Norma A.P.I 650

Cuadro N.25 Dimensiones de la brida salida del fluido

Diámetro anillo macho (IDp)	Espesor mínimo de la brida (Q)	Diámetro exterior de la brida (A)	Diámetro del círculo de ubicación de los agujeros (C)	Numero de agujeros	Diámetro de los agujeros	Diámetro de los tornillos
60.325	20.85	166	133	4	19.05	15.87

Figura N 15. Detalles de la brida de salida del fluido



Fuente: Autores del proyecto

4.1.3.5.2 BOQUILLAS EN EL TECHO DEL TANQUE.

4.1.3.5.2.1 VENTEO. Los tanques de almacenamiento contarán con una boquilla exclusiva para venteo, la que tendrá que ser diseñada y calculada, con

la finalidad de que dentro del tanque no se genere presión interna al ser llenado o vaciado, el cual se colocará en la parte más alta del tanque.

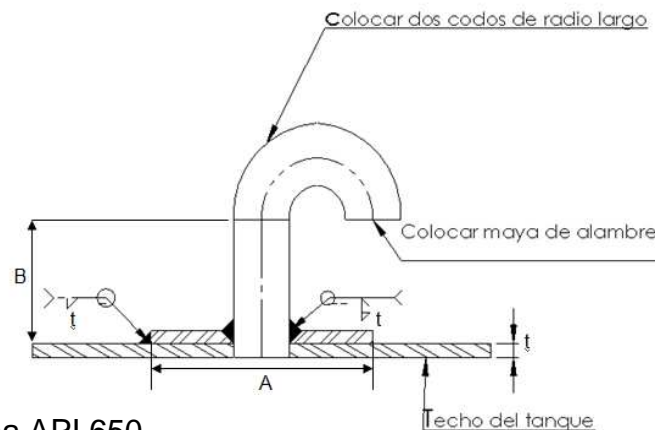
La selección del diámetro del venteo se realiza por criterio del diseñador de acuerdo a el rango de valores que ofrece la norma A.P.I 650, que para este caso se toma un diámetro de venteo igual a 76mm.

Cuadro 26. Dimensiones del venteo

DIAM. NOM.	A	B
25	--	102
51	--	102
76	152	152
102	197	152
152	305	203

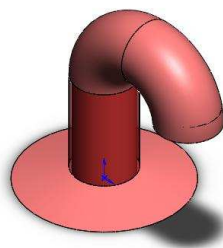
Fuente: Norma A.P.I 650

Figura 16. Especificaciones de venteo.



Fuente: Norma API 650.

Figura N 17 Esquema de la boquilla de venteo diseñada.



Fuente: Autores del proyecto.

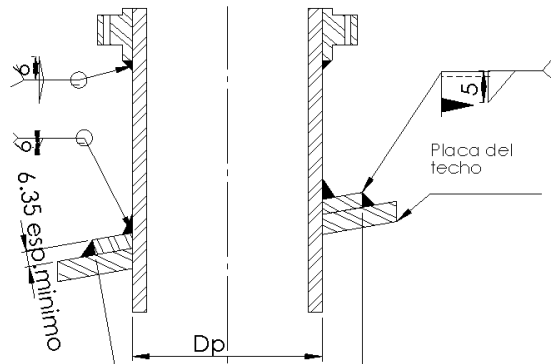
4.1.3.5.2.2 BOQUILLA PARA LA ENTRADA DEL FLUIDO. La boquilla de la entrada del fluido estará ubicada en la parte superior, su selección se selecciona con el diámetro requerido para la carga de la materia prima como se muestra a continuación.

Cuadro 27 dimensiones para boquillas en el techo (mm.)

Dimensión nominal de la boquilla	Diámetro nominal de acople	Diámetro del agujero del techo y placa de refuerzo Dp	Diámetro exterior de la placa de refuerzo Dr
305	305	362	610
254	254	152	559
203	203	251	457
152	152	191	381
102	102	136	279
76	76	104	229
64	64	90	204
51	51	76	178
38	38	59	127
25	25	44	114
19	19	36	102

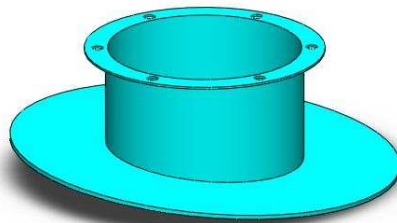
Fuente: Normas API 650

Figura N.18 Detalles de la boquilla de entrada del fluido



Fuente: Norma A.P.I 650

Figura N.19 Esquema de la boquilla de entrada del fluido



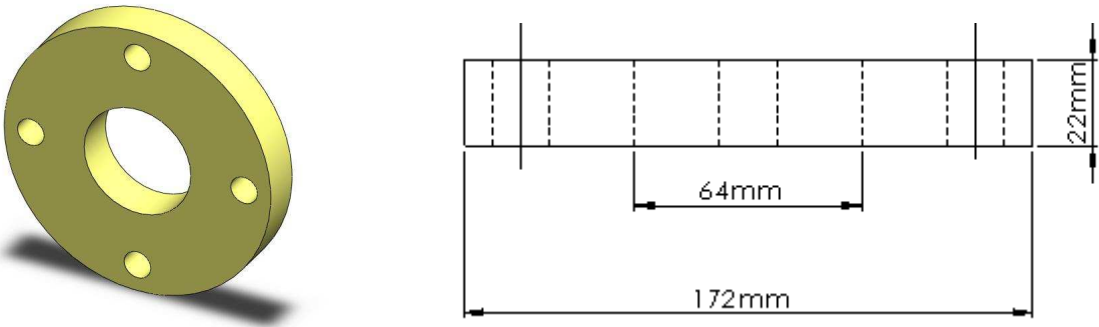
Fuente: Autores del proyecto.

Cuadro N 28. Dimensiones de la brida de la entrada del fluido.

Diámetro anillo macho (IDp)	Espesor mínimo de la brida (Q)	Diámetro exterior de la brida (A)	Diámetro del círculo de los agujeros (C)	Numero de agujeros	Diámetro de los agujeros	Diámetro de los tornillos
64	22	172	137	4	19.05	15.87

Fuente: Norma A.P.I 650

Figura N 20. Detalles brida para la entrada del fluido



Fuente: Autores del proyecto.

4.1.3.6 ESCALERAS Y PLATAFORMAS. Las escaleras tienen la finalidad de situar al personal que así lo requiera en una zona del tanque que necesite de constante mantenimiento o supervisión, generalmente sobre el techo donde se localizan diversas boquillas y la entrada hombre, además de brindar protección y seguridad.

REQUERIMIENTOS PARA ESCALERAS. (ESPECIFICADO POR A.P.I. 650).

- Todas las partes de la escalera serán metálicas.
- El ancho mínimo de las escaleras será de 610mm. (24 pulg.).
- El ángulo máximo entre las escaleras y una línea horizontal será de 50°.
- El ancho mínimo de los peldaños será de 203mm. (8 pulg.). La elevación será uniforme a todo lo largo de la escalera.
- Los peldaños deberán estar hechos de rejilla o material antiderrapante.
- La superior de la reja deberá estar unida a los pasamanos de la plataforma sin margen y la altura, medida verticalmente desde el nivel del peldaño hasta el borde del mismo de 762 a 864 mm. (30 pulg. a 34 pulg.).
- La distancia máxima entre los postes de la rejilla medidos a lo largo de la elevación de 2,438mm. (96 pulg.).
- La estructura completa será capaz de soportar una carga viva concentrada de 453 Kg. (1,000 lb), y la estructura del pasamanos

deberá ser capaz de soportar una carga de 90Kg. (200lb), aplicada en cualquier dirección y punto del barandal.

- Los pasamanos deberán estar colocados en ambos lados de las escaleras rectas; éstos serán colocados también en ambos lados.
- Las escaleras circunferenciales estarán completamente soportadas en el cuerpo del tanque y los finales de los largueros apoyados en el piso.

4.1.3.7 SOLDADURAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO. Toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta y que, además, el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado, el cual le permite realizar cierto tipo de soldaduras de acuerdo con la clasificación de ésta. Una vez realizada la soldadura o soldaduras, éstas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc., donde la calidad de la soldadura es responsabilidad del fabricante.

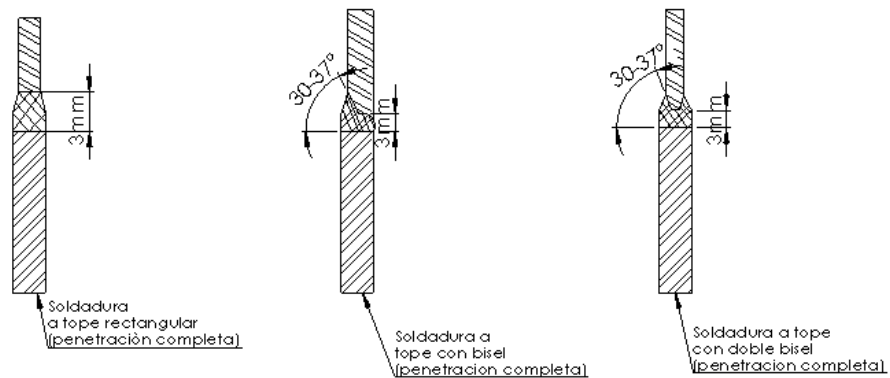
Todas las soldaduras serán aplicadas mediante el proceso de arco eléctrico sumergido, arco con gas inerte o electrodos recubiertos. Estos procesos pueden ser manuales o automáticos. En cualquiera de los dos casos, deberán tener penetración completa, eliminando la escoria dejada al aplicar un cordón de soldadura antes de aplicar sobre éste el siguiente cordón.

Las soldaduras típicas entre elementos son del tipo "V" y en "U", ellas podrán estar en el exterior o en el interior del cuerpo del tanque dependiendo de la facilidad que se tenga para realizar el soldado de la misma. El tanque está diseñado de tal forma que todos los cordones de soldadura sean verticales, horizontales y paralelos, para el cuerpo y fondo, en el caso del techo, podrán ser radiales y/o circunferenciales.

4.1.3.8 JUNTAS VERTICALES DEL CUERPO.

- Las juntas verticales deberán ser de penetración y fusión completa, lo cual se podrá lograr con soldadura doble, de tal forma que se obtenga la misma calidad del metal depositado en el interior y el exterior de las partes soldadas para cumplir con los requerimientos del procedimiento de soldaduras.
- Las juntas verticales no deberán ser colineales, pero deben ser paralelas entre sí en una distancia mínima de 5 veces el espesor de la placa (5t).

Fig. N.21 Detalles para la soldadura de los aros que conforman el cuerpo del tanque.



Fuente: Norma A.P.I 650.

4.1.3.9 JUNTAS HORIZONTALES. Las juntas horizontales, deberán ser de penetración y fusión completa, excepto la que se realiza entre el ángulo de coronamiento y el cuerpo, la cual puede ser unida por doble soldadura a traslape, cumplimiento con el procedimiento de soldadura.

A menos que otra cosa sea especificada, la junta a tope con o sin bisel entre las placas del cuerpo, deberán tener una línea de centros o fibra media común.

4.1.3.10 SOLDADURA DEL FONDO.

- Soldadura a traslape: Las placas del fondo deberán ser rectangulares y estar escuadradas. El traslape tendrá un ancho de, por lo menos, 32mm. (1-1/4 pulg.) para todas las juntas: las uniones de dos o tres placas, como máximo que estén soldadas, guardarán una distancia mínima de 305mm. (1 pie) con respecto a cualquier otra junta y/o a la pared del tanque. Cuando se use placa anular, la distancia mínima a cualquier cordón de soldadura del interior del tanque o del fondo, será de 610mm. (2 pie).
- Soldadura a tope: Las placas del fondo deberán tener sus esquinas preparadas para recibir el cordón de soldadura, ya sea escuadrando éstas o con biseles en "V". Si se utilizan biseles en "V", la raíz de la abertura no deberá ser mayor a 6.3 mm. (1/4 pulg). Las placas del fondo deberán tener punteada una placa de respaldo de 3.2 mm. (1/8 pulg) de espesor o mayor que la abertura entre placas, pudiéndose usar un separador para conservar el espacio entre las placas. Cuando se realicen juntas entre tres placas en el fondo del tanque, éstas deberán conservar una distancia mínima de 305 mm. (1 pie) entre sí y/o con respecto a la pared del tanque.
- SOLDADURA DEL CUERPO – FONDO. Para espesores de placa del fondo o de placas anulares que sean de 12.7mm. (1/2 pulg.) o menores sin incluir corrosión, la unión entre el fondo y las placas del cuerpo tendrá que ser hecha con un filete continuo de soldadura que descansa de ambos lados de la placa del cuerpo

El tamaño de cada cordón, sin tomar en cuenta la corrosión permisible, no será mayor que 12.7mm. (1/2") y no menor que el espesor nominal de la más delgada de las placas a unir, o menor que los siguientes valores:

Cuadro 29. Dimension filete de soldadura en relación con espesor del tanque.

MÁXIMO ESPESOR DEL TANQUE (mm.)	DIMENSIÓN MÍNIMA DEL FILETE (mm.)
4.76	4.76
> 4.76 - 19.05	6.35
> 19.05 - 31.75	7.93
> 31.75 - 44.45	9.52

Fuente: Normas A.P.I 650

4.1.3.11 JUNTA PARA LOS ANILLOS ANULARES.

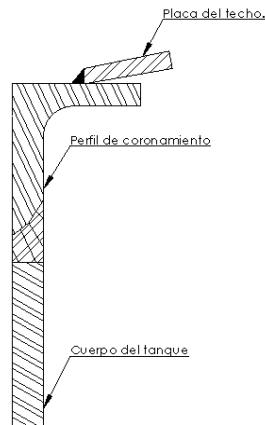
- Las soldaduras para unir secciones anulares que conformen todo el anillo tendrán penetración y fusión completa.
- Se usarán soldaduras continuas para todas las juntas que por su localización puedan ser objeto de corrosión por exceso de humedad o que puedan causar oxidaciones en la pared del tanque.

4.1.3.12 JUNTAS DEL TECHO Y PERFIL DE CORONAMIENTO.

- Las placas del techo deberán soldarse a traslape por el lado superior con un filete continuo igual al espesor de las mismas
- Las placas del techo serán soldadas al perfil de coronamiento del tanque con un filete continuo por el lado superior únicamente y el tamaño del filete ser Igual al espesor más delgado
- Las secciones que conformen el perfil de coronamiento para techos auto soportados estarán unidas por cordones de soldadura que tengan penetración y fusión completa.¹¹

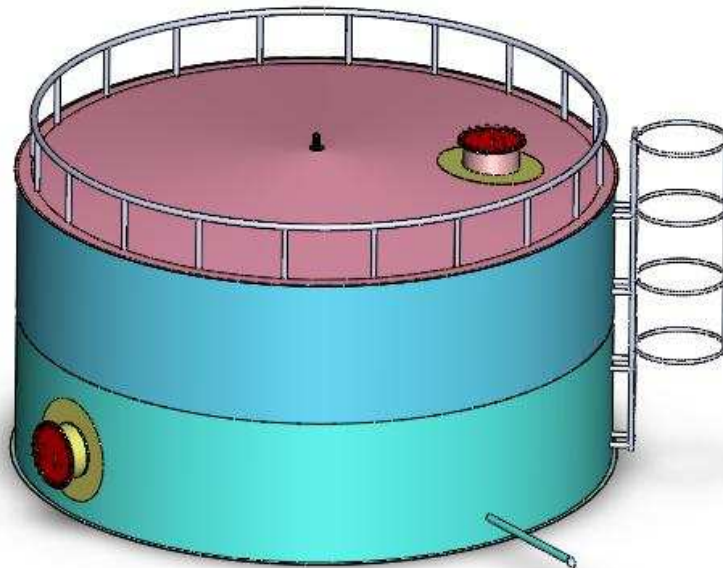
¹¹ Norma A.P.I 650

Fig. N.22 Detalles de la soldadura del techo y perfil de coronamiento



Fuente: Norma A.P.I 650

Figura N.23 Esquema general del tanque de almacenamiento de bases diseñado de acuerdo a la norma A.P.I 650.



Fuente: Autores del proyecto.

4.1.4 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ADITIVOS DE ACUERDO A LA NORMA A.P.I 650. La distribución de los tanques como se dijo anteriormente es de 13 tanques los cuales 3 son para las bases y los restantes para los diferentes aditivos, el tanque diseñado anteriormente es para almacenar bases, de la misma manera se diseñará el de almacenar los

aditivos, es preciso decir que el diseño del tanque que se tabula a continuación es el mismo para todos los aditivos.

Cuadro N 30. Características del tanque de almacenamiento de aditivos.

FLUIDO	D(m)	H(m)	MATERIAL	CUERPO		FONDO(mm)	TECHO (mm)
				td1(mm)	td2(m m)		
ADITIVO	1.8	1.6	A-283-C	5	-----	5	5

Fuente: Norma A.P.I 650.

4.1.4.1 BOQUILLAS EN LA PARED DEL TANQUE. Están localizadas en la parte lateral del tanque y corresponden a la boquilla de entrada de hombre para realizar los respectivos mantenimientos e inspecciones, y la boquilla de salida del producto hacia los tanques de mezcla.

Cuadro N. 31 Características de la boquilla de entrada de personal en mm

Espesor mínimo de la tapa plana	Espesor mínimo del cuello y brida del Registro de 508	Radio aproximado R	Placa de refuerzo		Diámetro interior del armado de registro		Espesor mínimo del cuello ensamblado
			Longitud Diámetro L=Do	Ancho w	Diámetro constante del anillo hembra IDr	Diámetro constante del anillo macho IDp	
8	6.35	5	1168	1397	575	508	5

Fuente: Norma A.P.I 650.

Cuadro N. 32 Característica de la tapa de la boquilla para entrada de personal.

Diámetro o anillo macho (IDp)	Espesor mínimo de la brida (Q)	Diámetro exterior de la brida (A)	Diámetro del círculo de los agujeros (C)	Numero de agujeros	Diámetro de los agujeros	Diámetro de los tornillos	Proyección exterior mínima (J)
508	42.86	698	635	20	31.75	28.57	279

Fuente: Norma A.P.I 650.

Cuadro N. 33 Características del drenaje en mm

Diámetro anillo macho (IDp)	Espesor mínimo de la brida (Q)	Diámetro exterior de la brida (A)	Diámetro del círculo de ubicación de los agujeros (C)	Numero de agujeros	Diámetro de los agujeros	Diámetro de los tornillos
76	23.81	190	152	4	19.05	15.87

Fuente: Norma A.P.I 650.

Cuadro N 34. Dimensiones de la brida de la boquilla de drenaje en mm

Diámetro Nominal del tubo	Diámetro Del Sumidero A	Profundidad del sumidero B	Distancia del centro del tubo de la pared del tanque(mm)C	Espesor de las placas del sumidero t	Espesor mínimo del tubo	Espesor mínimo de la boquilla
51	610	305	1067	8	6	6

Fuente: Norma A.P.I 650.

Cuadro N. 35 Dimensiones de la boquilla de la salida del fluido (mm)

Tamaño de boquilla o diámetro exterior del tubo	Diámetro exterior del tubo	Espesor nominal de la boquilla.	Diámetro exterior de la placa de refuerzo DR	Proyección exterior mínima J
25	9	5	42	152

Fuente: Norma A.P.I 650.

Cuadro N. 36 Dimensiones de la brida para la boquilla de salida del fluido.

Diámetro anillo macho (IDp)	Espesor mínimo de la brida (Q)	Diámetro exterior de la brida (A)	Diámetro del círculo de ubicación de los agujeros (C)	Numero de agujeros	Diámetro de los agujeros	Diámetro de los tornillos
25	10	110	80	4	19.05	15.87

Fuente: Norma A.P.I 650.

Cuadro N 37. Dimensiones boquilla de la entrada del fluido (mm)

Dimensión nominal de la boquilla	Diámetro nominal de acople	Diámetro del agujero del techo y placa de refuerzo Dp	Diámetro exterior de la placa de refuerzo Dr
64	64	90	204

Fuente: Norma A.P.I 650

Cuadro N. 38 Dimensiones brida de entrada de fluido

Diámetro anillo macho (IDp)	Espesor mínimo de la brida (Q)	Diámetro exterior de la brida (A)	Diámetro del círculo de los agujeros (C)	Numero de agujeros	Diámetro de los agujeros	Diámetro de los tornillos
64	22	172	137	4	19.05	15.87

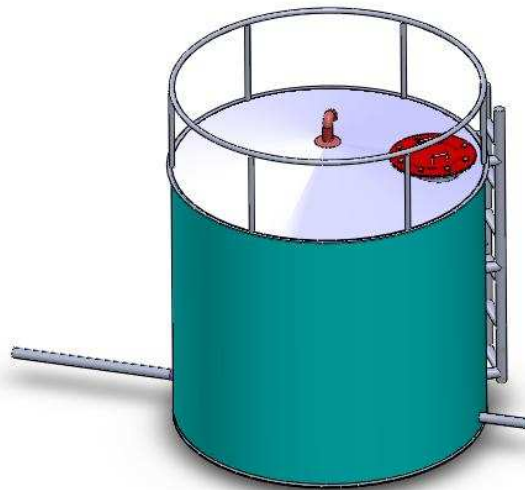
Fuente: Norma A.P.I 650

Cuadro N 39 .Dimensiones del venteo (mm)

DIAM. NOM.	A	B
51	---	102

Fuente: Autores del proyecto.

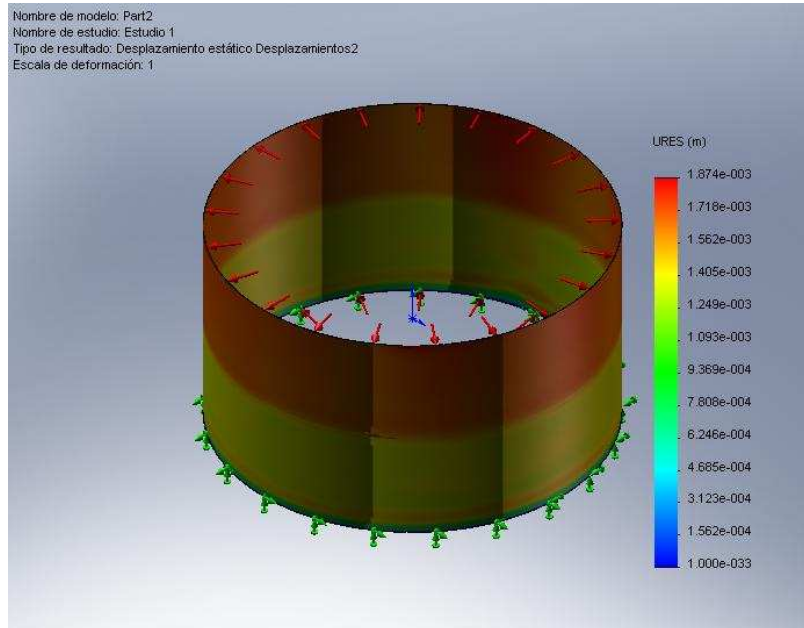
Figura N.24 Esquema general del tanque de almacenamiento de aditivos diseñado de acuerdo a la norma A.P.I 650.



Fuente: Autores del proyecto.

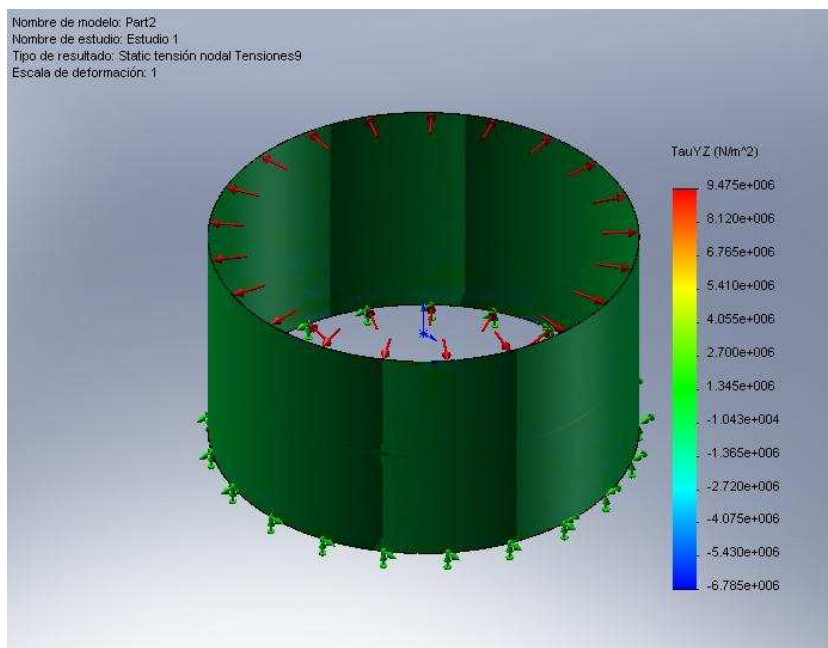
4.1.5 ANALISIS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE BASES. Para este análisis se utilizó como herramienta el software solidworks 2007, para verificación del correcto cálculo del tanque en base a la Norma A.P.I 650.

Figura N 25 Tanque de almacenamiento bases Máxima deformación.



Fuente: simulación realizada en solidWorks 2007

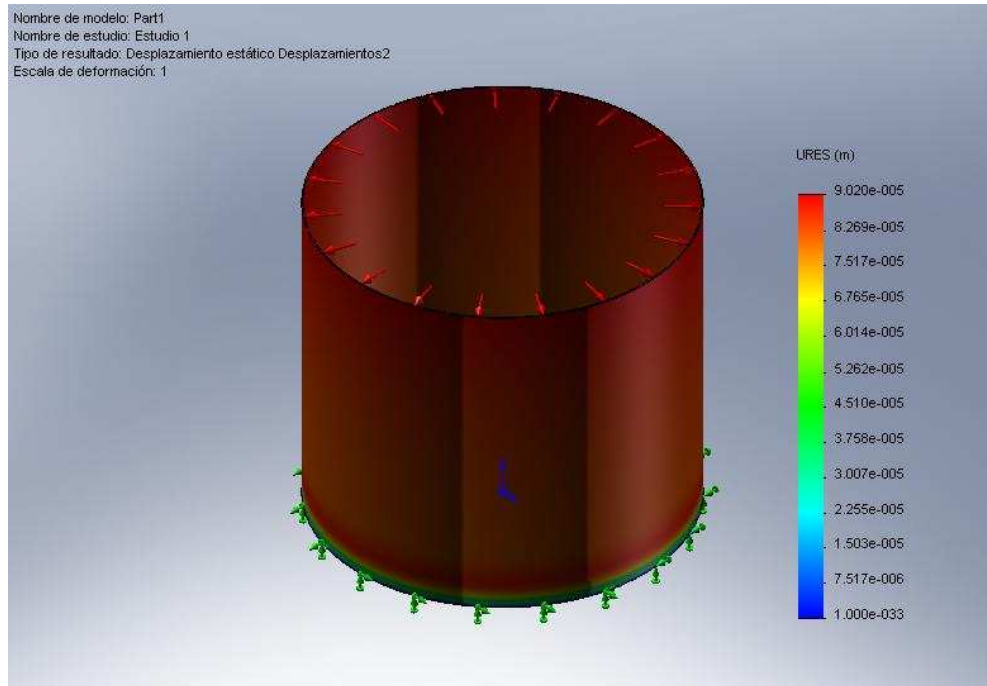
Figura N 26 Tanque de almacenamiento bases Máximo esfuerzo cortante.



Fuente: simulación realizada en solidWorks 2007

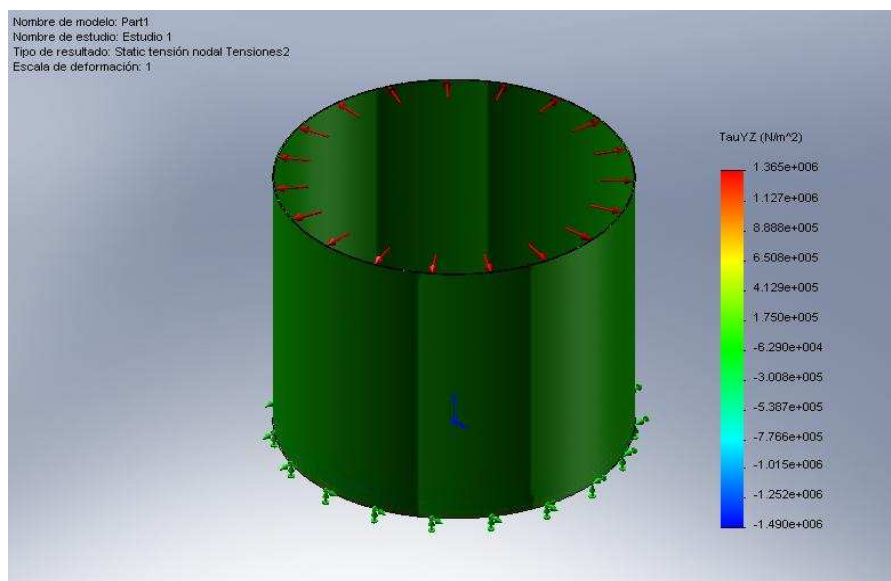
4.1.6 ANALISIS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ADITIVOS. Para este análisis se utilizó como herramienta el software solidworks 2007, para verificación del correcto cálculo del tanque en base a la Norma A.P.I 650.

Figura N 27 Tanque de almacenamiento de aditivos Máxima deformación.



Fuente: simulación realizada en solidWorks 2007

Figura N 28 Tanque de almacenamiento bases Máximo esfuerzo cortante.



Fuente: simulación realizada en solidWorks 2007

En la Figura N.25 se observa que el mayor desplazamiento se presenta en la parte superior del tanque con un máximo desplazamiento de 1.87mm, como lo sugiere la norma si ocurre falla es aconsejable que el tanque falle por la parte superior del mismo.

Mientras que en el tanque para aditivos se observa que el desplazamiento es menor con un valor de 0.0902mm que es un valor bajo en comparación con el tamaño del tanque.

4.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS TANQUE DE MEZCLADO.

Son los encargados de realizar la emulsificación de los lubricantes por medio del agitado constante a una temperatura de 50C. El agitado se hace por medio de una turbina de hélices inclinadas y el proceso de calentamiento se realiza mediante la inyección de vapor que circula a través de un serpentín ubicado al interior del tanque de mezclado, dicho vapor es suministrado mediante una caldera previamente seleccionada.

Para garantizar la calidad de producción de lubricantes se requiere que la fase de mezclado líquido-líquido se realice con un adecuado procedimiento debido a su importancia en la homogenización de los aditivos para garantizar cada una de las propiedades de los lubricantes.

En la fase principal que es el mezclado encontramos dos variables principales que deben tener en cuenta en la selección del tipo de mezclador a utilizar:

- Tipo de carcasa.
- Dirección de flujo.

4.2.1 SELECCIÓN TIPO DE CARCASA. Los parámetros a tener en cuenta para la selección de la carcasa adecuada involucra la dirección de flujo que se requiere al interior del tanque, el tipo de mezcla, tipo de carcasa, y configuración del tipo del mezclador como se presenta en los siguientes cuadros.

Cuadro N.40. Características agitador con carcasa móvil

TIPO	MEZCLADOR	TIPO DE MEZCLA	DIRECCION DE FLUJO
Carcasa móvil	tambor o cilíndrico	Líquido-sólido	Radial
	cúbico	Líquido-sólido	Radial
	Doble cono	Líquido-sólido	Radial
	doble carcasa	Sólido-líquido	Radial

Fuente: http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/03/03_equipos.html

Cuadro N.41 Características agitador con carcasa fija.

TIPO	MEZCLADOR	TIPO DE MEZCLA	DIRECCION DE FLUJO
Carcasa fija	Cintas	Líquido-sólido	Radial
		Líquido-líquido	
	Sigma	Sólido-líquido	Axial y radial
		Líquido-líquido	
	Tornillo vertical	Líquido-sólido	Radial
Lecho fluidizado	Sólido-sólido	Radial	
Turbina	Líquido-líquido	Axial y radial	

Fuente: http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/03/03_equipos.html

El mezclado de bases para la obtención de aceites lubricantes requiere un tipo de mezcla liquido-liquido. En los cuadros anteriores encontramos que los mezcladores de carcasa móvil son utilizados para el proceso de mezclado de solido-liquido por lo tanto no se aplica para el tipo de proceso que se requiere en el mezclado de bases para la obtención de aceites lubricantes, mientras que los mezcladores de carcasa fija como son: cintas, sigma y turbina son aptos para el proceso de mezclado liquido-liquido de acuerdo a esto se hace un breve análisis en el cuál se opte por la mejor opción que cumpla con las condiciones, para el mezclado de bases en la fabricación de aceites lubricantes. Para este análisis recurrimos a la otra variable que influye en la selección del mezclador como es la dirección del flujo la cual está directamente relacionada con el tipo de agitador, que tiene el equipo de mezcla.

A continuación se habla de los diferentes fenómenos relacionados al flujo, los cuales se presenta en el proceso de mezclado.

- Flujo tensio-controlados son aquellos que necesitan una buena circulación en todo el recipiente, como por ejemplo una transferencia de calor o una mezcla, características que requiere este diseño.
- Flujos controlados necesitan tener una gran turbulencia, por ejemplo para favorecer la dispersión en una transferencia de masa.

La naturaleza del mezclado de bases para la obtención de aceites lubricantes se considera del tipo: flujo tensio-controlado; buscando siempre obtener una homogenización que nos garantice una concentración constante de la mezcla, con una alta circulación y más caudal por unidad de potencia, características que se logran si se realiza mediante un flujo con dirección axial. Vemos en el cuadro 16 que hay dos opciones la cuales cumplen con estas características:

El mezclador sigma y turbina; Hay que resaltar que el mezclador sigma su prioridad es el proceso de mezclado liquido-solido debido a que sus cuchillas propulsoras se encargan de romper materiales aglomerados, y cuando es utilizado en procesos de mezclado liquido-liquido se obtiene una dirección de flujo axial y radial simultáneamente, al tener dos direcciones de flujo ocasionan turbulencia generando un flujo controlado en el mezclado por lo tanto su uso

no es aplicable en este proceso; la selección que mejor se ajusta es la del mezclador de turbinas el cual se caracteriza por poseer diferentes configuraciones en su tipo de agitador.

4.2.2 SELECCIÓN TIPO DE AGITADOR. Para seleccionar el tipo de agitador idóneo es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Dirección de flujo axial o radial.
- Viscosidad de los componentes a mezclar.

A continuación encontramos las diferentes clasificaciones de los mezcladores tipo turbina de acuerdo a la forma del agitador.

- Turbina de tres hélices.
- Turbina simple de hélice recta.
- Turbina de Disco.
- Turbina de pala cóncava.
- Turbina hélice inclinada

De acuerdo a esta clasificación nos permitimos hacer un estudio de las principales características como lo son: costo, mantenimiento, viscosidad, potencia necesaria con el fin de seleccionar el más adecuado que cumpla con los requisitos de homogenización y presupuesto.

Cuadro 42. Características de los diferentes agitadores.

tipo	potencia requerida	limpieza	costo	rango de viscosidades pa-s (η)	tipo de mezcla	dirección de flujo
Turbina 3 hélices	Baja	Fácil	Bajo	$\eta < 15$	Líquido-líquido	Axial y Radial
Turbina simple hélice recta	Baja	Fácil	Bajo	$\eta < 20$	Líquido-líquido	Radial y Tangencial
Turbina de disco	Media	Difícil	Medio	$\eta < 50$	Líquido-gas	Radial y Tangencial
Turbina hélice cóncava	Media	Difícil	Alto	$\eta < 40$	Líquido-gas	Radial y tangencial
Turbina Hélice inclinada	Baja	Fácil	Bajo	$\eta < 70$	Líquido-líquido	Axial

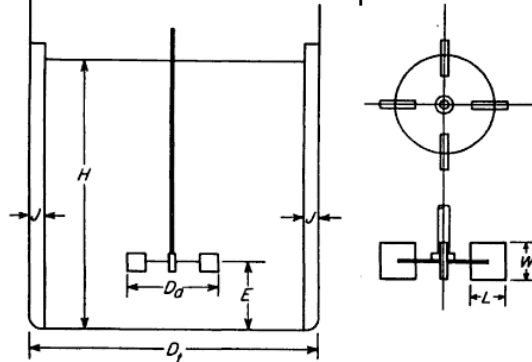
Fuente: www.linkindustrial.es

El aceite de lubricación se hace de la porción más viscosa de un petróleo crudo que ha sido sometido a un proceso de destilación fraccionada. Existen diversos tipos de crudos: parafínicos, olefínicos, acetilénicos, diolefínicos, aromáticos, nafténicos, naftalina, antraceno, fenoles y pesados, pero los tres principales tipos son: crudo parafínico, crudo nafténico y crudos pesados y la calidad de los mismos está principalmente determinada por sus grados API (American Petroleum Institute). Cuanto mayor sea el número de grados API más liviano es el crudo. Los aceites lubricantes que Multifiltros LTDA requiere producir son constituidos por bases naftenicas debido a su amplio uso en la producción de aceites para automotores e hidráulicos.

Como podemos ver la viscosidad es un parámetro que está relacionado con la selección del tipo de agitador por lo tanto es importante saber las viscosidades de las bases y aditivos que se utilizarán en el proceso para hacer la selección más adecuada que nos garantice el buen desempeño del mezclador a utilizar.

4.2.3 CALCULO DE LOS TANQUES DE MEZCLADO. La producción que tiene proyectada la empresa son de 100000Gal de aceites de diferentes referencias, esto es equivalente a tener 568Gal/h sabiendo que se trabajan 44 horas a la semana, su dimensionamiento se realiza mediante proporciones estándar de acuerdo a la siguiente figura.

Figura N.29 Detalles dimensiones de un tanque de mezclado.



Fuente: Operaciones Básicas de ingeniería química.

Las proporciones estándar son:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{H}{D_t} = 1 \quad \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \frac{W}{D_a} = \frac{1}{6} \quad \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Las proporciones estándar listadas son ampliamente aceptadas y son base de muchas correlaciones publicadas sobre el funcionamiento de los agitadores. Para tener una idea mas clara de que dimensiones son las más adecuadas el cálculo se realizara de acuerdo a los siguientes pasos.

4.2.3.1 CALCULOS GEOMETRICOS. En esta parte se podrá saber el diámetro del tanque, la altura, dimensiones de las hélices además de la distancia que se deben tener entre ellas y el fondo del tanque. El procedimiento de cálculo consiste en obtener medidas estándar a diferente diámetro del tanque y posteriormente se selecciona las dimensiones que cumplan con la producción proyectada con los menores costos energéticos.

Cuadro 43. Dimensiones del agitador a diferentes diámetros de acuerdo a las dimensiones estándar representada en la figura N 29.

Dt(m)	Da(m)	L(m)	H(m)	J(m)	E(m)	W(m)	Volumen de mezcla (m3)
1.4	0.47	0.11	1.4	0.11	0.47	0.09	2.15
1.3	0.43	0.10	1.3	0.10	0.43	0.086	1.72
1.2	0.4	0.1	1.2	0.1	0.4	0.08	1.35
1.1	0.36	0.09	1.1	0.09	0.36	0.072	1.05
1	0.33	0.08	1	0.08	0.33	0.066	0.78

Fuente: Operaciones Básicas de ingeniería química.

Estos resultados parten suponiendo que el tiempo de mezclado es una hora, mas adelante se comprobará dicho valor, es decir debemos garantizar el flujo mínimo de mezcla que requiere la producción proyectada.

4.2.4 CALCULOS DE POTENCIA. Un factor importante en el diseño de un tanque agitado, es la potencia necesaria para mover el rodete. Su cálculo va en función de parámetros como la viscosidad del fluido a mezclar, tipo de impulsor, velocidad del impulsor y por ultimo de las dimensiones del si como se presenta en el modelo matemático.

$$P = K_l n^2 D_a^3 \mu \quad (14)$$

En donde:

$K_l =$ Constante del impulsor

$n =$ Velocidad del agitador

$D_a =$ Diametro del tanque agitador.

$\mu =$ viscosidad del fluido

Para el cálculo de la potencia son conocidos todos los valores, sin embargo es necesario hacer un análisis en la dimensión del diámetro del tanque debido a que un mínimo valor de diámetro que cumpla con la producción bajaría a gran escala los costos energéticos, debido a que potencia es proporcional al cubo de este valor.

Cuadro N.44 datos para el cálculo.

DESCRIPCION	VALOR
Velocidad del agitador.	90RPM
Viscosidad del fluido a 50C.	0.3 Pa.s

Fuente: Autores del proyecto.

4.2.5 CALCULO DE CONSTANTE DEL IMPULSOR (K_I). Para determinar la constante del impulsor (K_I) es necesario el siguiente cuadro el cual clasifica las constantes de acuerdo a la configuración del tipo de agitador

Cuadro N. 45. Valores de la constante de acuerdo a su impulsor.

Tipo de impulsor	K_I
IMPULSOR HÉLICE TRES PALAS	
Paso 1.0	41
Paso 1.5	48
TURBINA	
Disco de seis palas	65
Seis palas inclinadas (45°)	--
Cuatro palas inclinadas (45°)	44.5
Paleta plana, dos palas	36.5
Impulsor HE-3	43
Cinta helicoidal	52
Ancla	300

Fuente: Operaciones unitarias en ingeniería química

El tipo de impulsor para este caso en el cual prima la dirección de flujo axial es necesario un impulsor tipo turbina de 4 hélices inclinadas, por lo tanto su constante tiene un valor de 44.5.

Como última variable para el cálculo de la potencia para mover el rodete es el diámetro del tanque de agitación, para ello se realiza una serie de cálculos de potencia con diferentes valores de diámetro y finalmente se selecciona el tamaño de tanque que cumpla con la producción y además de eso que genere el mínimo consumo de energía.

Cuadro N. 46.Comparación diámetro tanque agitador consumo de potencia.

Diámetro tanque agitador (m)	Potencia consumida (kw)	Volumen de mezcla (m ³)
1.4	3.25	2.15
1.3	2.6	1.72
1.2	2.05	1.35
1.1	1.57	1.05
1.	1.18	0.78

Fuente: Autores del proyecto

El diámetro del tanque agitador tiene una gran influencia en el consumo de potencia debido a que esta directamente proporcional al cubo de su valor por lo tanto es conveniente que el tanque agitador tenga unas dimensiones mínimas, y que cumplan con el flujo requerido, para ello procedemos a calcular el tiempo de mezclado y así poder seleccionar las dimensiones óptimas que cumplan los requerimientos de producción.

4.2.6 CALCULO DEL TIEMPO MINIMO DE MEZCLADO. Los tiempos de mezcla son mayores cuando los números de Reynolds están comprendidos en el intervalo de 10 a 1000, aunque el consumo de potencia no es muy diferente al correspondiente al intervalo de flujo turbulento. En la siguiente diagrama

propuesto por Norwood y Metzner podemos obtener la relación entre el tiempo de mezclado y el número de Reynolds.

En donde:

$$Re = \frac{D_a^2 n \rho}{\mu} \quad (15)$$

Donde:

D_a = Diametro del tanque agitador

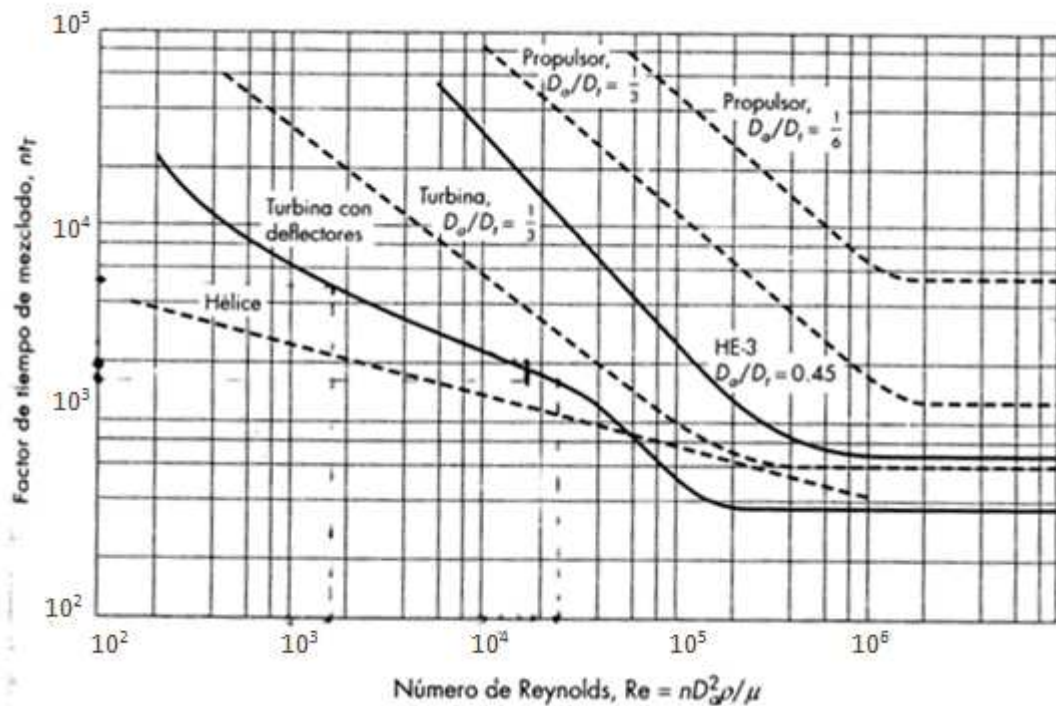
n = Velocidad del rodete.

ρ = Desidad del fluido.

μ = Viscosidad del fluido.

El método para calcular el tiempo de mezclado consiste en un método grafico en el cual se aparece el valor de Reynolds y tipo de propulsor que para este caso es de tipo turbina con deflectores.

Figura 30. Tiempo de mezcla en relación con Reynolds y tipo de agitador.



Fuente: Operaciones unitarias en ingeniería química.

En este diseño el mezclador lleva deflectores con el objeto de evitar la vorticidad; las líneas discontinuas son para tanques sin deflectores, la línea continua es para tanques con placas deflectoras.

Con el valor de Reynolds de acuerdo a la figura podemos realizar el siguiente cuadro que consiste en hacer un análisis de los tiempos de mezcla y así poder conocer el flujo por hora que tendríamos de acuerdo a unas determinadas dimensiones.

Cuadro 47. Análisis del tiempo de mezcla y flujo de producción

Número Reynolds(Re)	Diámetro tanque agitador (m)	Factor de tiempo de mezclado (nt_T)Fig,N	Tiempo de mezclado (min)	Flujo de mezcla por hora(Gal/hora)
54651	1.4	2350	4	8520
47123	1.3	2800	5	5453
40151	1.2	3250	5.75	3721
33738	1.1	3700	6.5	2769
27883.2	1	4150	8	1545

Fuente: Autores del proyecto.

Como podemos observar en la tabla anterior y sabiendo que el flujo mínimo por hora es de 568.78 galones, es claro que el diámetro menor que es igual a 1m garantiza un poco mas del doble de flujo que se necesita para la producción proyectada, por lo tanto es el diseño más conveniente, y sus dimensiones finales se presentan en la siguiente tabla.

Cuadro N.48 Detalles del tanque de mezcla diseñado.

Diámetro del tanque(D)m	Potencia consumida(Kw)	Capacidad en galones	Tiempo minino de mezcla (min)
1	1.15	207	8

Fuente: Autores del proyecto.

4.2.7 CALCULO DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL FLUIDO A

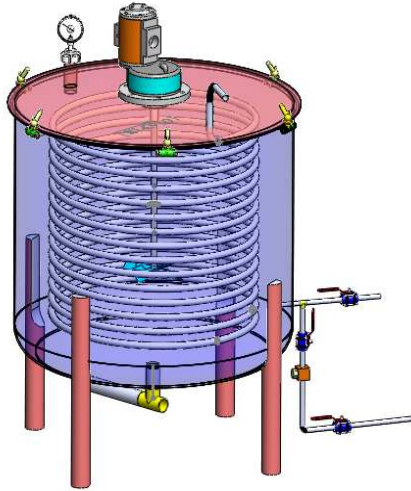
MEZCLAR. Este sistema permite reducir la viscosidad y humedad de los lubricantes y así obtener una mejor homogenización. Se realiza mediante el suministro de energía por medio que vapor que circula por un serpentín ubicado al interior del tanque de mezclado.

El vapor que se suministra es producido por una caldera y es inyectado por la parte superior del serpentín, al hacer el recorrido parte del vapor se condensa, y es evacuado por medio de una trampa o purga de vapor.

La determinación de la longitud del serpentín o área de transferencia de calor requerida y la rata de vapor suministrado se calculan mediante balances energéticos en el interior del tanque de mezclado, de acuerdo al siguiente procedimiento.

1. Cálculo de la rata de calor requerida.
2. Cálculo del calor suministrado.
3. Cálculo del calor trasferido en el cual comprende los siguientes parámetros:
 - 3.1 Cálculo de la velocidad del fluido al interior del tanque de mezclado.
 - 3.2 Cálculo de los coeficientes externo e interno de transferencia de calor.
 - 3.3 Longitud y diámetro requerido para el serpentín.

Figura N 31. Mezclador con serpentín.



Fuente: Autores del proyecto

4.2.7.1 CALCULO DE LA RATA DE CALOR REQUERIDA. (Q_r) Este calor que requiere el fluido a mezclar que circula por el serpentín para alcanzar una temperatura de 50C.desde la condición de temperatura ambiente.

$$Q_r = mC_p \frac{dT_{at}}{dt} \quad (15)$$

Donde:

m = masa del fluido a mezclar.

C_p = Calor especifico del fluido a mezclar.

$\frac{dT_{at}}{dt}$ = Variacion de la temperatura a mezclar con respecto al tiempo.

Datos del proceso.

Corresponden a los datos físicos y termodinámicos del fluido a mezclar los cuales se obtienen en el siguiente cuadro.

Cuadro N.49 Datos del proceso cálculo de calor requerido.

SÍMBOLOS	DESCRIPCIÓN	VALOR
V	Volumen del tanque de mezcla	$\frac{\pi}{4} m^3$
m	Masa el fluido a mezclar	670Kg
C_p	Calor especifico del fluido	$1.881 \frac{KJ}{Kg C}$

Fuente: autores del proyecto.

Para el cálculo de la variación con respecto al tiempo de la temperatura del fluido a mezclar $\left(\frac{dT_a}{dt}\right)$, se tiene como referencia la temperatura a la cual está el fluido en el ambiente (25 C), y temperatura a la cual se quiere llegar (50 C), Además se tiene el tiempo de mezclado calculado anteriormente, este tiempo es de 8 minutos. El método de cálculo consiste en hacer un proceso iterativo iniciando con un tiempo de calentamiento supuesto, y así determinar que longitud y diámetro del serpentín es necesario para cumplir la temperatura deseada. La finalización del proceso iterativo ocurre cuando se llega a las dimensiones del serpentín más acordes en relación con las medidas del tanque de mezclado..

Para iniciar se toma como referencia un tiempo de calentamiento de 6 minutos.

$$\frac{dT_{at}}{dt} = \frac{50 - 25}{360} = 0.0695 \frac{C}{seg}$$

- Calor Requerido (Q_r)

$$Q_r = mC_p \frac{dT_{at}}{dt} = 670kg * 1.881 \frac{KJ}{Kg C} * 0.0695 \frac{C}{seg} = 87.6 \frac{KJ}{s}$$

Rata de calor necesaria para que el fluido a mezclar alcance una temperatura de 50C en un tiempo de 360 segundos.

El calentamiento se realiza mediante el uso de un serpentín como se muestra la figura N.31 por lo tanto se necesita calcular el flujo de vapor y la longitud que debe tener este intercambiador de calor para alcanzar la temperatura requerida en el tiempo propiamente dicho.

4.2.7.2 CÁLCULO DEL CALOR SUMINISTRADO (Q_s) Este es el mismo calor requerido por el fluido a mezclar y es suministrado mediante una caldera por medio del vapor que circula por el serpentín al interior del tanque de mezclado.

$$Q_s = \dot{m} * h_{fg} \quad (16)$$

Donde:

\dot{m} = Flujo de vapor al interior del serpentín.

h_{fg} = Entalpia de vaporización del vapor.

Datos del proceso.

Calor requerido $Q_r = 87.6 \frac{KJ}{s}$

El valor de entalpia de vaporización se toma a 110 C, ésta temperatura es la temperatura a la cual está el vapor.

De acuerdo a tablas del libro de transferencia de calor de cengel tenemos:

Entalpia de vaporización $h_{fg@110c} = 2230 \frac{KJ}{Kg}$.

La ventaja de que el calor requerido es el mismo el que tiene que suministrar la caldera por medio del serpentín, permite calcular el flujo de vapor a una temperatura de 110C capaz de generar 87.6kj/s.

$$Q_r = Q_s$$

$$mC_p \frac{dT_{at}}{dt} = \dot{m} * h_{fg} \quad (17)$$

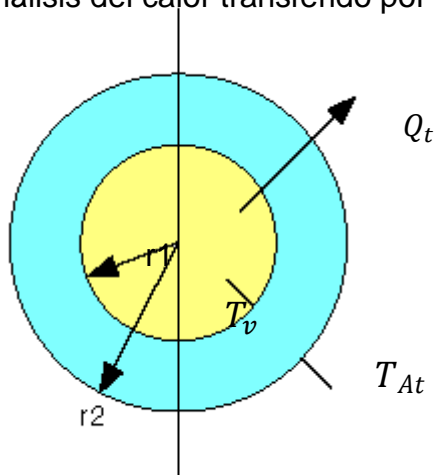
De donde obtenemos:

$$\dot{m} = \frac{mC_p \frac{dT_{at}}{dt}}{h_{fg}} = \frac{87.6 \frac{kJ}{seg}}{2230 \frac{KJ}{Kg}} = 0.04 \frac{kg}{seg} \quad (18)$$

Flujo de vapor que se necesita para generar $87.6 \frac{KJ}{s}$.

4.2.7.3 CALCULO DEL CALOR TRASFERIDO (Q_t) El calor siempre se trasfiere entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentra a diferentes temperaturas, y el flujo siempre ocurre desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura como se presenta en la siguiente figura.

Figura N.32 diagrama de análisis del calor transferido por el serpentín.



Fuente: Autores del proyecto.

Conocido el calor necesario y el fluido de vapor que se necesitan para obtener la temperatura requerida del fluido a mezclar, se procede a calcular la longitud y diámetro del serpentín es decir, el área de transferencia de calor capas de transferir 87.6kj/seg.

$$Q_t = UA_t(T_v - T_{At}) \quad (19)$$

Donde:

U = Coeficiente global de transferencia de calor.

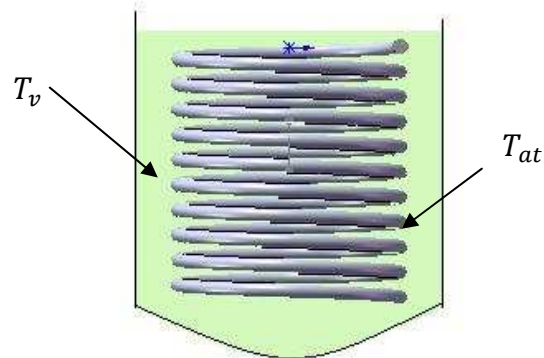
A_t = Area necesario para la tranferencia de calor.

T_v = Temperatura de vapor.

T_{at} = Temperatura del fluido a mezclar

La temperatura del fluido a mezclar es una temperatura variable con un valor inicial de 25C y un valor final de 50C.Diferente sucede con la temperatura del vapor que es constante durante todo el recorrido por el serpentín de área A_t .

Figura N 33 Tanque de mezclado con serpentín.



Fuente: Autores del proyecto.

Al interior del serpentín de un área A_t fluye vapor a una temperatura constante T_v ; Realizando un balance de energía al interior del tanque tenemos:

$$Q_r = Q_t$$

$$m * c_p * \frac{dT_{at}}{dt} = UA_t (T_v - T_{at}) \quad (19)$$

$$\int_{T_v-50}^{T_v-20} \frac{dT_{at}}{T_v - T_{at}} = \int_0^t \frac{UA_t dt}{mC_p}$$

Resolviendo la ecuación diferencial y reemplazando las condiciones iniciales de temperatura tenemos:

$$-\ln(T_v - (T_v - 20)) + \ln(T_v - (T_v - 50)) = \frac{UA_t t}{mC_p}$$

$$0.916 = \frac{UA_t t}{mC_p} \quad (20)$$

En donde:

A_t = Area de transferencia de calor.

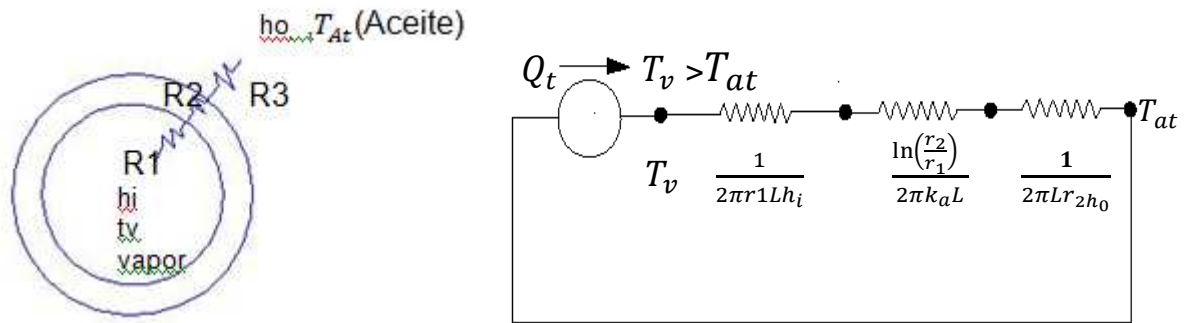
m = Masa del fluido a mezclar. (kg)

C_p = Calor específico del fluido a mezclar. (Kj/(kg C))

U = Coeficiente global de transferencia de calor. ($\frac{W}{m^2 K}$)

$t =$ Tiempo en llegar el fluido a mezclar a 50C

Figura N.34 circuito térmico del serpentín



Fuente: Autores del proyecto.

$$\frac{1}{UA_t} = \frac{1}{2\pi L} \left(\frac{1}{r_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_a} + \frac{1}{r_2 h_o} \right) \quad (21)$$

Donde:

$h_i =$ coeficiente interno de transferencia de calor por convección.

$h_o =$ Coeficiente externo de transferencia de calor por convección.

$L =$ Longitud del serpentín.

$r_1 =$ radio interior del serpentín

$r_2 =$ Radio exterior del serpentín.

$k =$ conductividad térmica del serpentín.

Como podemos ver el coeficiente global de transferencia de calor tiene varias variables a continuación se muestra el cálculo de cada una de ellas.

4.2.7.4 CÁLCULO DIÁMETRO DEL SERPENTÍN (D). Para el cálculo del diámetro tomamos como referencia una velocidad de vapor característica igual a 50m/s, teniendo como resultado el siguiente diámetro de serpentín.

$$\dot{m} = \rho v A \quad (22)$$

Donde:

$\dot{m} = \text{flujo masico de vapor}$

$\rho = \text{Densidad del vapor}$

$A = \text{Area seccion transversal del serpentin.}$

Tenemos como resultado.

$$A = \frac{\dot{m}}{\rho * v} = \frac{0.04}{0.83 * 50} = 0.00096m^2$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Despejando tenemos:

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = 3.5cm$$

Diámetro del serpentín estándar igual a $1 \frac{1}{2}$ pulgadas.

4.2.7.5 CÁLCULO DEL COEFICIENTE EXTERNO DE TRANSFERENCIA DE CALOR (h_o). Para el cálculo del coeficiente externo de transferencia de calor por convección forzada (h_o) se realiza mediante las formulas empíricas en la modelación de flujo transversal a un cilindro realizadas por Churchill y Bernstein, como se presenta a continuación.

$$Nud = 0.3 + \frac{0.62Re^{0.5}Pr^{\frac{1}{3}}}{(1 + (\frac{0.4}{Pr})^{\frac{2}{3}})^{0.25}} \quad (23)$$

Donde:

$Re = \text{Numero de reynolds}$

$Pr = \text{Numero de prant}$

$$Re = \frac{v_f D}{\gamma} \quad (24)$$

Donde

v_f = Velocidad del fluido a mezclar

D = diametro serpentin

γ = Viscosidad cinematica del fluido.

$$Nud = \frac{h_0 D}{K} \quad (25)$$

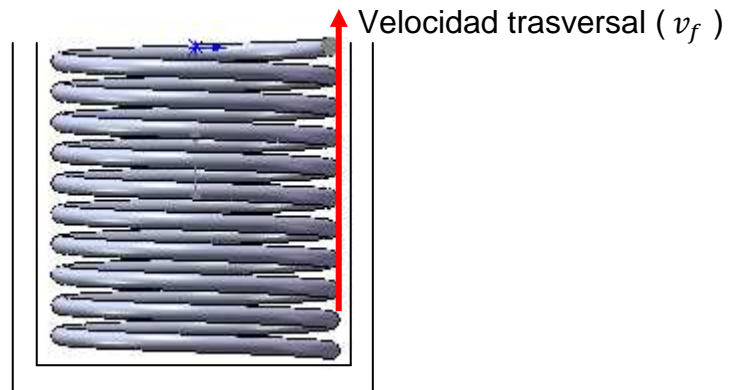
Igualando las ecuaciones 23 y 25 que corresponden al número de nuselt, tenemos como resultado el modelo matemático que representa el coeficiente externo de transferencia de calor como se presenta a continuación.

$$h_0 = \frac{Nud * k}{D} \quad (26)$$

El parámetro Re es un número adimensional utilizado para caracterizar un fluido. Depende de la velocidad del fluido al interior del tanque (v_f), dicha velocidad se calcula mediante el siguiente procedimiento.

4.2.7.6 CÁLCULO VELOCIDAD DEL FLUIDO A MEZCLAR (v_f). La velocidad de mezclado varía en dirección radial. En la figura N. vemos que el serpentín está ubicado en la parte más lejana del agitador, por lo tanto nos permitimos hacer el siguiente análisis para dicho cálculo.

Figura N 35. Velocidad del fluido transversal al serpentín.

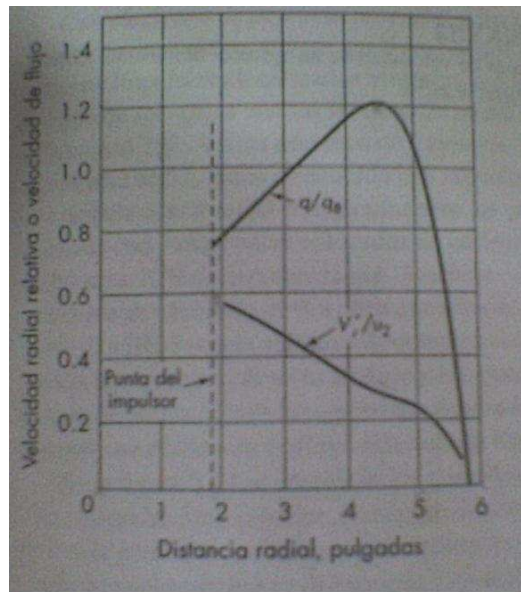


Fuente: Autores del proyecto.

A medida que el fluido a mezclar se desplaza hacia afuera del impulsor, se va retardando debido a que aumenta el área disponible para el flujo y a que hay mas arrastre de líquido. A lo largo de la línea central del impulsor la velocidad decrece linealmente con la distancia radial como lo muestra la figura N 36.

Otra Característica del flujo volumétrico al interior del tanque de mezclado es que aumenta con el radio hasta aproximadamente $1.2 Q_b$ debido al arrastre adicional, y después decrece cerca de la pared del tanque debido a que el flujo se divide en corrientes de circulación ascendente y descendente, así mismo se observa que la velocidad de descarga o la velocidad en la punta del impulsor es 0.6 veces la velocidad del agitador.

Figura N. 36 Distribución velocidad de flujo en un tanque agitado por turbina.



Fuente: Operaciones unitarias ingeniería química.

Como la velocidad decrece proporcionalmente al radio del taque de mezclado, se puede representar mediante una recta. El cálculo consiste en utilizar los datos experimentales acerca de los valores estándar que tiene flujo al interior de un tanque agitado para obtener la ecuación de la recta que modela el cambio de la velocidad en relación al radio y finalmente calcular la velocidad en el punto de interés

De acuerdo a la figura vemos que tenemos los puntos necesario para encontrar la ecuación de la recta :

$$(0,0.82) , (R_a , 0.6)$$

Donde:

$$R_a = \text{Radio del agitador}$$

$$y = mx + b$$

y = Indica velocidad radial relativa o velocidad de flujo a una distancia x .

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{0.6 - 0.82}{R_a} \quad (27)$$

b = corte con el eje y

$$b = 0.82$$

$$y = -\frac{0.22}{R_a} * x + 0.82 \quad (28)$$

$$R_a = 0.165\text{m (Calculado anteriormente)}$$

$$x = R_T - R_a$$

$R_T =$ Radio del tanque de mezclado.

$$x = 0.5 - 0.165 = 0.335\text{m}$$

Entonces:

$$y = -\frac{0.22}{0.165} * 0.335 + 0.82 = 0.373$$

$$y = \frac{v_x}{v_R} \quad (27)$$

Donde:

$v_x =$ velocidad de flujo a una distancia x

$v_R =$ velocidad en la punta del rotor.

$$v_R = w * R_a$$

Donde:

$w =$ velocidad angular del eje (especificada anteriormente 90Rpm)

$$v_R = 90 * \frac{\pi}{30} * 0.165 = 1.55 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_x = v_f = y * v_R = 0.373 * 1.55 = 0.57 \text{ m/s}$$

Con el valor de la velocidad podemos calcular el numer de reynolds Re de la siguiente manera:

$$Re = \frac{v_f D}{\gamma} \quad (28)$$

Donde:

$$D = \frac{7}{4} Pul = 0.044m$$

$$\gamma = 0.000167 \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$Re = \frac{0.57 * 0.044}{0.000167} = 150$$

El valor faltante para el cálculo del número de nusselt, es el valor del numero de prant. Éste valor controla el espesor relativo de las capas límite de momento y térmica. Cuando Pr es pequeño significa que el calor se difunde muy rápido comparado con la velocidad (momento) Y es tomado de las tablas del libro de transferencia de calor de cengel a una temperatura de 50C.

$$Pr_{@50C} = 2021$$

$$Nud = 0.3 + \frac{0.62Re^{0.5}Pr^{\frac{1}{3}}}{(1 + (\frac{0.4}{Pr})^{\frac{2}{3}})^{0.25}} \quad (25)$$

Reemplazando los datos calculados obteneos un valor de nusselt de 96.

$$Nud = 96$$

$$Nud = \frac{h_0 D}{K} \quad (26)$$

$$h_0 = \frac{Nud * k}{D}$$

Donde:

k = conductividad del fluido a mezclar

D = Diametro del serpentin

$$k_{@50C} = 0.1424 \frac{W}{m C} \text{ (Tomado tablas de transferencia de calor cengel)}$$

$$h_o = \frac{96 * 0.1424}{0.044} = 310.7 \frac{W}{m^2 C}$$

4 Cálculo del coeficiente interno de transferencia de calor (h_i)

Para el cálculo del coeficiente interno de transferencia de calor hacemos uso de el libro de transferencia de calor ANTHONY F. MILLS, pag 701. ecuación (7.119), utilizada en fluidos en cambio de fases y bajas presiones.

$$h_i = \left(\frac{2}{\pi R T_s} \right)^{1/2} * \frac{\rho_v h_{fg}^2}{T_s} \left[W/m^2 K \right] \quad (27)$$

Donde:

T_s = Temperatura de la superficie del serpentín

ρ_v = Densidad vapor saturado

h_{fg} = Entalpia de Vaporización

R = constante particular del vapor

Considerando que la temperatura del vapor es igual a la temperatura de la superficie del tubo tenemos como resultado:

$$T_v = T_s = 110 C$$

$$\rho_v = 0.83 \text{ Kg}/m^3$$

$$h_{fg} = 2230 \text{ J}/\text{Kg}$$

$$R = \frac{R'}{M}$$

Donde:

R' = Constante universal de los gases.

M = Peso molecular.

$$R = \frac{8314}{18} = 461.9 \text{ J/Kg K}$$

$$h_i = \left(\frac{2}{\pi R T_s} \right)^{1/2} * \frac{\rho_v h_{fg}^2}{T_s} \left[\text{W/m}^2 \text{ K} \right] = \left[\frac{2}{\pi * 461.9 * 383} \right]^{1/2} * \frac{0.83 * (2230 * 1000)^2}{383}$$

$$h_i = 12953728 \text{ W/m}^2 \text{ K} = 3536367744 \text{ W/m}^2 \text{ C}$$

Una vez calculado todos los parámetro para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor procedemos a calcularlo en función de la longitud del serpentín.

$$\frac{1}{UA_t} = \frac{1}{2\pi L} \left(\frac{1}{r_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_a} + \frac{1}{r_2 h_o} \right)$$

La resistencia interna de convección es despreciable debido al elevado valor del coeficiente de convección interno.

$$\frac{1}{UA_t} = \frac{1}{2\pi L} \left[\frac{1}{0.022 * 12953728} + \frac{\ln\left(\frac{2}{1.75}\right)}{15.1} + \frac{1}{0.0254 * 1.138} \right]$$

$$\frac{1}{UA_t} = \frac{t}{0.916 m C_p}$$

Esta ecuación es producto de igualar el calor requerido Q_r y el calor transferido Q_t Teniendo como resultado:

$$\frac{t}{0.916 * m * C_p} = \frac{5.5}{L} \quad (28)$$

Donde:

$D = 0.044 \text{ m}$ Diámetro del serpentín.

$C_p = 6.89 \text{ (J/(kg K))}$ Calor específico del fluido a mezclar)

$t = 360 \text{ seg}$ Tiempo en llegar el fluido a mezclar a 50C

$m = 670 \text{ Masa del fluido a mezclar. (kg)}$

$$L = \frac{5.5 * 6.89 * 670 * 0.916}{360} = 65m$$

Como podemos ver la longitud del serpentín es demasiado elevada, esto es debido al poco tiempo que se le está dando para alcanzar una temperatura de 50C, por lo tanto consideramos que el tiempo necesario de mezclado será de 23 minutos y un tiempo de 20 minutos para alcanzar la temperatura requerida, con el ánimo de tener una menor longitud que este acorde a las dimensiones del tanque de mezclado.

En la siguiente tabla se presentan los respectivos cálculos con la nueva condición de diseño de un tiempo de calentamiento igual a 20m

Cuadro N.50. Valores de los parámetros del sistema de calentamiento.

Calor requerido. $Q_r = mC_p \frac{dT_{at}}{dt}$	Flujo de vapor. $m' = \frac{mC_p \frac{dT_{at}}{dt}}{h_{fg}}$	Diámetro estándar del serpentín. $D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$	Numero de Reynolds. $Re = \frac{v_f D}{\gamma}$	Coefficiente externo de transferencia de calor. $h_0 = \frac{Nud * k}{D}$	Longitud del serpentín. $L = \frac{11 * 0.916mC_p}{t}$
$26.25 \frac{KJ}{Kg}$	$0.011 \frac{Kg}{seg}$	1in=2.54cm	86.7	$411 \frac{W}{m^2 C}$	39m

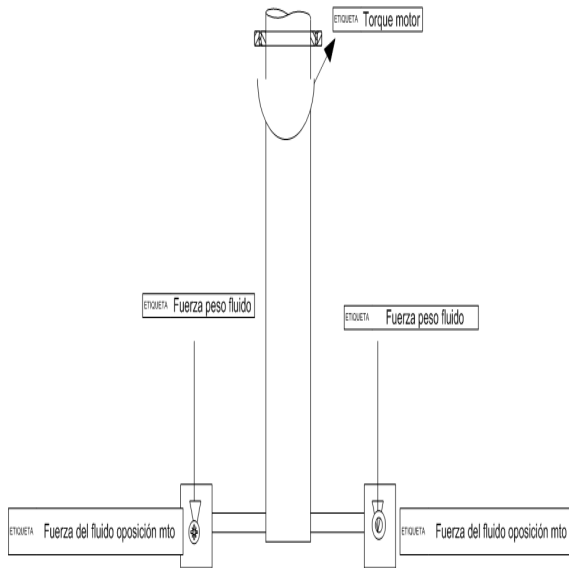
Fuente: Autores del proyecto.

Estos 39 m se distribuyen en aproximadamente en 14 vueltas en el interior del tanque de mezclado, debido a que el la longitud de cada vuelta es de πD_s . Donde el diámetro del serpentín es de 0.9 m.

4.2.8 ELEMENTOS MECANICOS DEL MEZCLADOR

4.2.8.1 CALCULO DEL EJE. Este es el encargado de transmitir la potencia, desde el conjunto motorreductor hasta la hélice, para que finalmente se produzca agitación en el fluido. Para el diseño de este es necesario tener en cuenta que cumpla con parámetros como: diámetro y carga.

Figura N.37 Diagrama de cuerpo libre del eje.



Fuente: autores del proyecto.

En cada una de las 4 paletas acoplada al eje actúa una fuerza con componente vertical y horizontal.

Cuadro N 51 Propiedades fluido y hélice.

Densidad	Gravedad	W	L	Área WL	Profundidad hélice	W	Potencia
$\frac{kg}{m^3}$	$\frac{m}{s^2}$	cm	Cm	cm ²	m	Rpm	H.p
888	9.8	8	6	48	0.67	94	2

Fuente: autores del proyecto.

Tenemos:

$$\Sigma Fy = Ry$$

$$4Fy = Ry$$

Donde:

Fy es la fuerza vertical producida por el peso del fluido.

Ry es la reacción en el cojinete.

$$Fy = \rho ghA$$

Donde:

ρ = densidad del fluido.

g = gravedad.

h = profundidad donde se encuentra la hélice.

A = área.

Por lo tanto $Ry = 2060 N$.

El valor de esta fuerza la contrarresta el rodamiento que se acopla con el motorreductor.

Para el cálculo de potencia tenemos que:

$$P = T * w$$

P= potencia

T= torque requerido

w= velocidad angular

T= 150 N-m

Con el valor de torque se calcula el valor del diámetro del eje, recordando que esta sometido a carga de torsión y que la carga tensión no se utiliza para la selección de rodamiento.

Para el diámetro óptimo del eje se utiliza la teoría de Goodman.

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \left[\left(\frac{T}{S_u} \right)^2 + \left(\frac{M}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

El eje se encuentra sometido a torsión pura, luego no existe momento en el.

Donde.

n= Factor de seguridad

T= Torque

S_u = esfuerzo ultimo.

Un acero para ejes tipo 4140, se utiliza para el eje debido a su buena resistencia a esfuerzos de fatiga y torsión.

Para este material

S_u = 600 Mega pascales.

n=2

Por lo tanto diámetro $d = 0.172 m$ o 0.7 pulgada.

Para la fabricación del eje se utiliza un diámetro estándar que es $\frac{3}{4}$ de pulgada

4.2.8.2 DISEÑO DE LAS COLUMNAS QUE SOPORTAN EL MEZCLADOR

Para este diseño se tiene en cuenta que el mezclador esta lleno del fluido, adicionalmente el peso de los elementos que lo componen

Para el cálculo del volumen del acero y del aceite.

$$V = \frac{\pi(D_e^2 - D_i^2)h}{4}$$

$$V_{aceite} = \frac{\pi(D_i^2)h}{4}$$

Donde

D_e diámetro externo =1.008 m

D_i diámetro interno =1 m

h altura =1 m.

Cuadro N 52 calculo de volúmenes.

Elemento	Densidad kg/m ³	Volumen m ³	Masa kg	Peso N
Acero inoxidable	7850	0.0126	99	972
Aceite	888	0.785	697	6838

Fuente: Autores del proyecto.

Para el cálculo del diámetro de las 4 columnas que soportan al mezclador obtenemos que cada una esta sometida a una fuerza de:

$$\Sigma Fy = W$$

$$Fy = W/4$$

$$Fy = 1953 N$$

Ahora se calcula que tipo de columna es según la relación de esbeltez; para esto asumimos un diámetro.

$$R_e = \frac{L_{eq}}{r_g}$$

Para el radio de giro se asume una tubería estructural diámetro nominal 1 pulgada.

Cuadro N 53. Calcula de relación de esbeltez.

L	K	R_e	$L_{eq} = LK$	r_g
Longitud real	constante según extremo	Relación de esbeltez	Longitud equivalente	Radio de giro
44 cm	0.7	27.7	30.8 cm	1.11cm

Fuente: Autores del proyecto.

Calculo del cambio crítico

$$C_c = \sqrt{\frac{2E\pi^2}{S_y}}$$

Cuadro N54 Valores de cambio critico

C_c	E	S_y
Cambio critico	Modulo de elasticidad	Esfuerzo de fluencia
117	2.06×10^{11}	295 Mpa

Fuente: Autores del proyecto

Por lo tanto la columna es intermedia debido a que $Re < Cc$ y para su cálculo de la fuerza crítica en ella se utiliza el criterio Johnson.

$$\frac{P_{cr}}{A} = S_y - bR_e^2$$

Cuadro N55. cálculo de fuerza crítica.

Pcr	$A = \frac{\pi(D^2 - D_i^2)}{4}$	$b = \frac{S_y}{2C_c^2}$	R_e^2
Fuerza crítica en la columna	Área		Relación de esbeltez
42436 N.	$1.48 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	10775	767.29

Fuente: Autores del proyecto

La carga máxima que soporta la columna es 42436 N pero es necesario la aplicación de un factor de seguridad de 2.5 para que no falle por lo tanto la carga admisible que soporta la columna es 16975 N. que es un valor mucho mayor a la carga realmente aplicada 1975 N.

4.2.8.3 SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR PARA EL TANQUE DE MEZCLADO. El Motorreductor es el encargado de disminuir la velocidad de giro de las paletas del tanque de mezclado a un valor de 90 rpm.

Los reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.

Al emplear reductores o motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción; Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.

- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.¹²

Para una adecuada selección debemos tener en cuenta los siguientes parámetros.

Características de operación.

- Potencia (HP tanto de entrada como de salida)
- Velocidad (RPM de entrada como de salida)
- Torque (par) máximo a la salida en N-m.
- Relación de reducción (I).

Características del trabajo a realizar.

- Tipo de máquina motriz (motor eléctrico, a gasolina, etc.)
- Tipo de acople entre máquina motriz y reductor.
- Tipo de carga uniforme, con choque, continua, discontinua etc.
- Duración de servicio horas/día.
- Arranques por hora, inversión de marcha.

Potencia de selección:

La potencia requerida por la máquina accionada, debe multiplicarse por un factor de servicio F_s , mostrado en el siguiente cuadro. Éste factor tiene en cuenta las características específicas del trabajo a realizar y el resultado, llamado Potencia de selección, es el que se emplea para determinar el tamaño del reductor en las tablas de selección.

$$P_n = F_s P_r$$

Donde:

¹² <http://www.monografias.com/trabajos13/reducty/reducty.shtml>

$P_n =$ Potencia de seleccion

$F_s =$ Factor de servicio

$P_r =$ Potencia requerida.

Cuadro N 56 Factores de servicio

Tipo de motor que acciona el reductor	Horas/día	Tipo de carga		
		Uniforme	Media	Con Choques
Motor eléctrico entrada constante	2	0,9	1,1	1,5
	10	1	1,25	1,75
	24	1,25	1,5	2
Motor de combustión interna de varios cilindros Medianamente impulsiva.	2	1	1,35	1,75
	10	1,25	1,5	2
	24	1,5	1,75	2,5

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos13/reducty/reducty.shtml>

Cuadro N. 57 Datos para la selección del Motorreductor.

Potencia Requerida (hp)	Factor de Servicio	Revoluciones del eje RPM	Potencia de Selección (hp)
1.6	1.12	90	1.8

Fuente: autores del proyecto.

Se selecciona un Motorreductor de **industrias ramfe** por su posicionamiento a nivel nacional y disponibilidad de manorreductores.

Entre los distintos tipos de manorreductores se selecciona el tipo Helicoidal coaxial, por ser de menor costo y además de su fácil ajuste con la tapa del mezclador.

Con los datos anteriores en el catalogo del fabricante se selecciona el Motorreductor.

Cuadro N 58 Referencias de motorreductores con una potencia de 2 Hp.

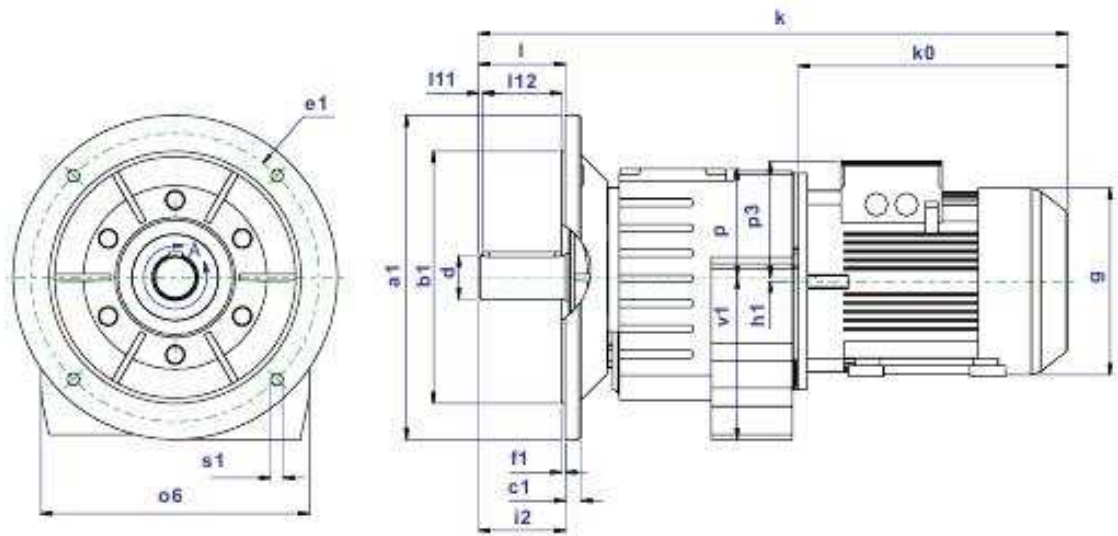
Tamaño Reductor	n ₂	M	l transmisión
	1/Min	(N-m)	
	Kw/ Hp 1,5/2		
RG05	15,2	704,2	108,63
	13,4	800,8	123,54
RG02	168,8	84,9	10,07
	147,8	96,9	11,5
	128,5	111,5	13,23
	114,9	124,6	14,79
	108,1	132,5	15,72
	95	150,8	17,9
	82,6	173,4	20,58
	76,6	186,9	22,18

Fuente: catálogos; <http://www.ramfe.com.co/>

El motor que mejor se ajusta a las condiciones de operación es la referencia RG02 con una velocidad de salida de 95RPM debido a que proporciona una mayor aproximación a la velocidad requerida.

En la siguiente figura podemos encontrar los detalles geométricos del Motorreductor seleccionado con las respectivas especificaciones del motor y el tipo de conexión.

Figura N 38 Dimensiones del motorreductor.



Fuente: catálogos; <http://www.ramfe.com.co/>

Cuadro N.58a Dimensiones del Motorreductor.

TAMAÑO	Motor	a1	b1	c1	e1	f1	g	h1	i2	k	k0	o6	p3	s1	v1	d	l11	l12
RG01	63	160	110	10	130	Fig 1	3.5	120	-	40	409	217	150	115	9	90	20	3.5
	71							148			402	210		108	4 ag.			
	80	140	95	9	115	Fig 1	3	163			426	234	53	114	9		40	30
RG02	63	200	130	12	165	Fig 1	3.5	120	3.6	50	424	217	160	115	11	100	25	3.5
	71							148			417	210		108				
	80							163			441	234		114	4 ag.			
	90	160	110	10	130	Fig 1	3.5	181			488	281	58	122	9		50	40
RG03	71	200	130	12	165	Fig 1	3.5	148	8.4	60	448	210	200	108	11	115	30	3.5
	80							163			472	234		114				
	90							181			519	281		122	4 ag.			
	112	160	110	10	130	Fig 1	3.5	227			571	333	74	148	9		60	50
RG04	71	250	180	15	215	Fig 1	4	148	9.8	70	477	210	215	108	13.5	130	35	7
	80							163			501	234		114				
	90							181			548	281		122	4 ag.			
	112	200	130	12	165	Fig 1	3.5	227			600	333	74	148	11		70	56

Fuente: catálogos; <http://www.ramfe.com.co/>

El Motorreductor seleccionado es el RG0263 con las siguientes especificaciones

Cuadro N. 59 especificaciones del Motorreductor seleccionado.

Anclaje	Potencia entregada	Relación de transmisión	Velocidad Salida RPM	Tipo de eje
Tipo Breda	1.8	17.9	95	Solido

Fuente: Autores del proyecto.

Figura N.39 Motorreductor



Fuente: <http://www.ramfe.com.co/>

4.2.9 CIRCUITO TRAMPA DE VAPOR EN LA PARTE INFERIOR DEL TANQUE DE MEZCLADO. En todas las líneas y equipos de vapor siempre hay condensación debido al gradiente térmico existente en sus paredes interiores, en contacto con el vapor y sus paredes exteriores que están a temperatura ambiente.

La función básica de una trampa de vapor es la evacuación del condensado sin la pérdida de energía, además el de purgar de aire al sistema.

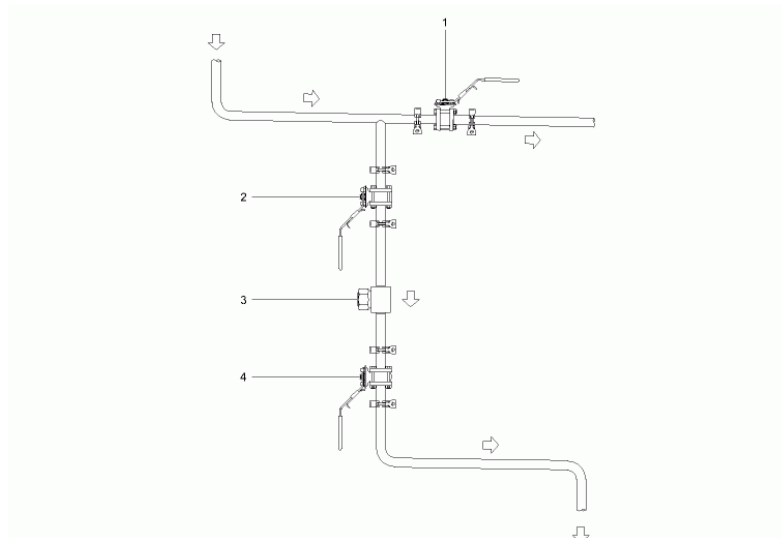
La selección de un sistema de recuperación de condensado se hace con el ánimo de recuperar energía térmica contenida en el agua. La no utilización de este sistema puede ocasionar problemas como corrosión en las superficies

metálicas, disminución del coeficiente de transmisión de calor perdiendo eficacia el sistema de calentamiento¹³.

4.2.9.1 CRITERIOS PARA TENER EN CUENTA PARA LA SELECCIÓN DE UNA TRAMPA DE VAPOR.

- Flujo de condensado (kg/h)
- Presión nominal del vapor.
- Tipo de conexión(roscada, soldada bridada)
- Materiales

Figura N 40 circuito general de una trampa de vapor.



Fuente:www.spiraxsarco.com/applications/examples/clean-steam/steam-trapping/typical-drainage-before-isolating-valve.asp

En la siguiente tabla se permite dar a conocer cada uno de los elementos que incorporan el circuito de trampa de vapor con su respectivo funcionamiento.

¹³ <http://www.pdf-search-engine.com/trampa-de-vapor-pdf.html#>

Cuadro N 60. Componentes y función del circuito trampa de vapor

Parte	Componente	Función
1	Válvula esfera	Aislar la instalación de la salida de vapor.
2	Válvula esfera	Aislar el purgador de vapor de la entrada de vapor.
3	Purgador de vapor termodinámico	Drenar el condensado de la línea de vapor
4	Válvula esfera	Aislar el purgador de vapor del sistema de condensado.

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/applications/examples/clean-steam/steam-trapping/typical-drainage-before-isolating-valve.asp>

4.2.9.2 SELECCIÓN DEL PURGADOR DE VAPOR TERMODINÁMICO. Es el encargado de drenar el condensado del sistema evitando el peligro potencial del golpes de ariete y mejorando la eficiencia del sistema de calentamiento.

La selección se realiza mediante método grafico con los parámetros de flujo de vapor en relación con el diferencial de presión además el tipo de conexión, que para este caso se tomara conexión tipo rosca.

Figura N 41. Purgador termodinámico con conexión tipo rosca



Fuente: http://www.spiraxsarco.com/pdfs/SB/p068_02.pdf

En la siguiente figura se muestra las capacidades del un purgador de vapor con conexión tipo rosca, En ella se observa las curvas de capacidad, cada curva representa el tamaño o dimensiones que se deben tener para un determinado flujo de condensado con su respectiva presión.

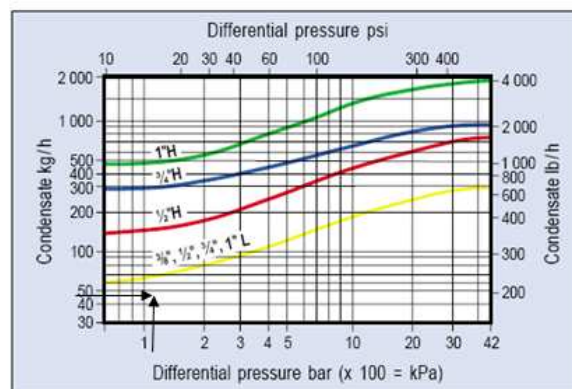
- Datos del proceso.

Flujo de condensado: $\dot{m} = 39.6 \text{ kg/h}$

Presión nominal del vapor: 143.27kpa

Tipo de conexión: roscada.

Figura N 42. Capacidad de un purgador de vapor con conexión tipo rosca.

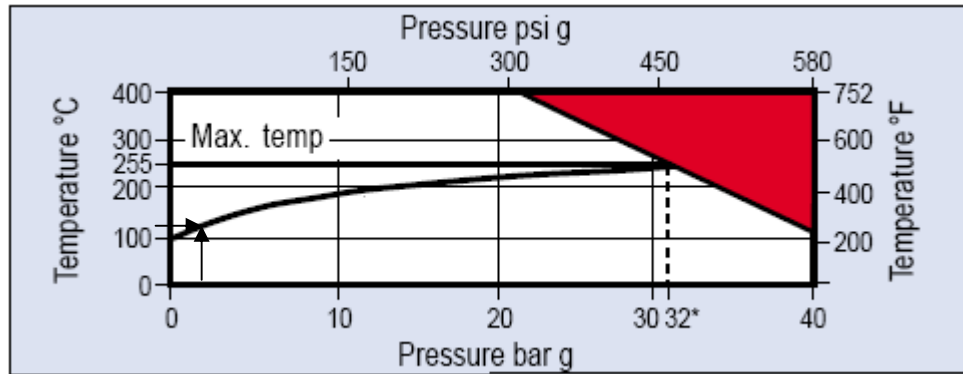


Fuente: http://www.spiraxsarco.com/pdfs/SB/p068_02.pdf

Los valores como se observan están en un valor inferior a los valores estándar que existen en el mercado, por lo tanto el tamaño para este caso es el mínimo que existe el cual corresponde a un purgador TD42L con un agujero de 3/8”

Una vez conocido el tamaño del diámetro de escape se procede a corroborar el funcionamiento a la temperatura de operación, que en este caso corresponde a un valor de 110 C.

Figura N 43. Rango de operación de un purgador con conexión tipo rosca.



Fuente: http://www.spiraxsarco.com/pdfs/SB/p068_02.pdf

El purgador debe funcionar por debajo del área roja, por lo tanto la selección realizada no tiene ningún inconveniente en el funcionamiento para una temperatura de 110C y una presión de 143.27 Kpa.

Posterior a corroborar el funcionamiento se procede a especificar las dimensiones como se muestra a continuación.

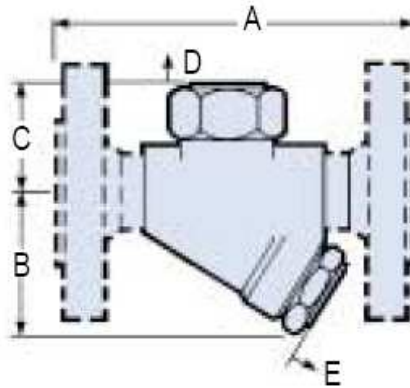
Figura N 44. Especificaciones geométricas de una purgadora conexión tipo rosca.

		A	B	C	D	E
	3/8"	78	55	41	20	85
TD42L	1/2"	78	55	41	20	85
TD42LA	3/4"	90	60	44	20	100
	1"	95	65	48	20	100
TD42H	1/2"	78	55	41	41	85
TD42HA	3/4"	90	60	47	41	100
	1"	95	65	53	41	100
TD32F	DN15	150	55	41	40	80
TD32FA	DN20	150	60	47	40	95
TD32FLC	DN25	160	65	53	40	100
TD32FLCA						
TD3-3	3/8"	183	60	40	41	-
TD3-3A	1/2"	188	62	41	41	-
TD3-3LC						
TD3-3LCA	3/4"	223	65	45	41	-

Fuente: http://www.spiraxsarco.com/pdfs/SB/p068_02.pdf

Los valores (A B C D E) corresponden a las dimensiones externas del purgador de vapor como se muestra en la siguiente figura.

Figura N 45. Detalles de las dimensiones de un purgador de vapor conexión tipo rosca

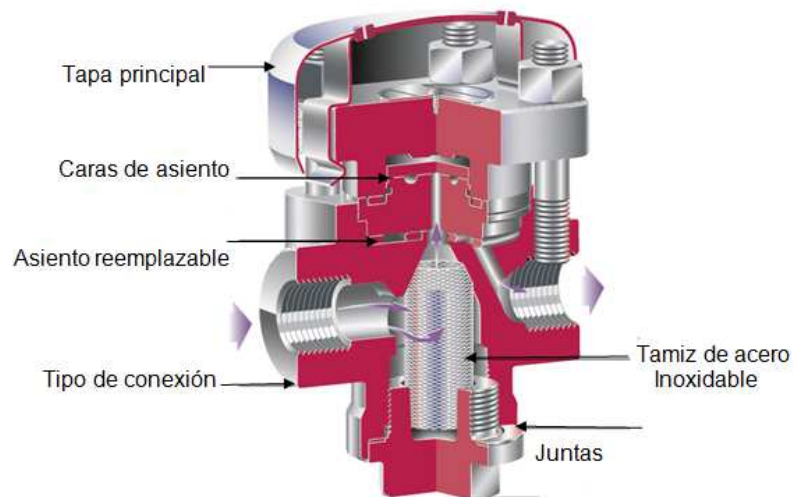


Fuente: http://www.spiraxsarco.com/pdfs/SB/p068_02.pdf

- Presentación del purgador de vapor.

Para una mayor visualización y entendimiento de un purgador de vapor con conexión tipo rosca se hace un bosquejo especificando sus partes y posteriormente su funcionamiento.

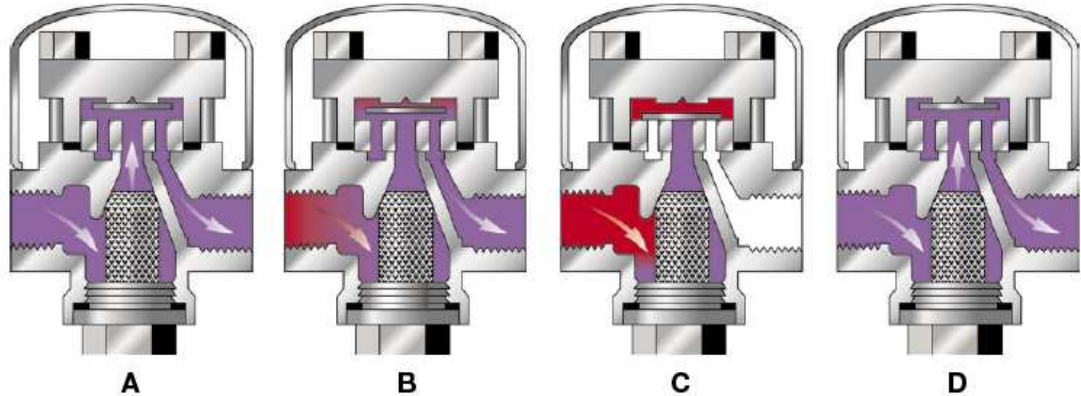
Figura N 46. Corte transversal de un purgador de vapor con conexión tipo rosca.



Fuente: http://www.spiraxsarco.com/pdfs/SB/p068_02.pdf

- Funcionamiento:

Figura N 47. Detalles del funcionamiento de un purgador termodinámico de vapor



Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/SB/s01-02.pdf>

En la puesta en marcha, la presión de entrada eleva el disco y el condensado frío y el aire son inmediatamente descargados, (A).

El condensado caliente que circula por el purgador desprende vapor. La alta velocidad crea un área de menor presión debajo del disco y lo acerca al asiento, (B).

En el mismo instante se produce un aumento de presión debido al vapor que circula en la cámara sobre el disco y obliga a cerrar venciendo la presión del condensado, hasta que se asienta en el labio interior y cierra la entrada. El disco se asienta también en el labio exterior del purgador y se mantiene la cámara superior presurizada, (C).

La presión en la cámara disminuye por condensación del vapor y el disco vuelve a levantarse debido al aumento de la presión de entrada. El ciclo se repite, (D).¹⁴

¹⁴ <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/SB/s01-02.pdf>

4.2.9.3 SELECCIÓN VÁLVULA DE ESFERA. Al igual que la selección del purgador termodinámico se realiza la selección de la válvula de esfera. En primer lugar se elige la gama de válvulas que se puedan aplicar vapor a baja presión y posteriormente se corrobora su capacidad con la temperatura y presión de funcionamiento.

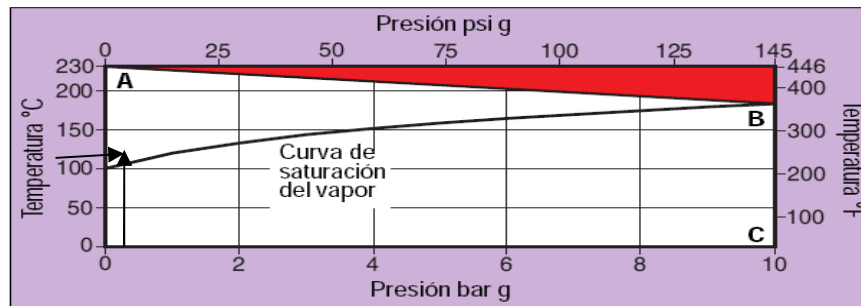
Cuadro N.61 Clasificación de las válvulas de esferas de acuerdo a su aplicación.

Aplicación	Referencia.
Vapor de baja presión condensado y agua de proceso	M10V,M31V, ISO Y M40V ISO
Vapor de media presión, condensado y agua de proceso.	M10S,M10S ISO, M20S,M21S ISO M31S ISO Y M40S ISO
Vapor de alta presión.	M10H ISO,M20H Y M31H ISO
Vapor limpio	M60G Y M60V
Purga de caldera	ABV20,KBV20

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/SB/s39-07.pdf>

El condensado se encuentra a una presión de 143.27 kpa y a una temperatura de 110C, situándose en el rango de bajas presiones, a continuación se analiza el rango de operación de las válvulas de esfera correspondientes a esta aplicación.

Figura N.48 Rangos de operación de una válvula de esfera para vapores a baja presión y condensado.



Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/SB/s39-07.pdf>.

El rango de operación de la válvula corresponde a la parte inferior del área sombreada, por lo tanto de acuerdo a las condiciones que se presentan en este caso este tipo de válvulas funcionan sin ningún problema como se ve en la figura N.32. Ésta figura muestra el rango de operación de las válvulas con vapor de baja presión y condensado, para este caso se selecciona una válvula con tipo de conexión rosca al igual que el purgador termodinámico, éste tipo de conexión se obtiene mediante el uso de la válvula M10V, sus detalles se muestran a continuación.

Figura N 49. Detalles de una válvula esférica M10V, conexión tipo rosca.



Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/TI/7294.pdf>

1. Limitaciones

Presión máxima de trabajo 70Bar

Temperatura máxima de trabajo 230C.

2. Aplicaciones.

Vapor de baja presión y condensado.

Líquidos hidrocarburos,

Gas natural

Glicol

Aceite comprimido

Gases industriales.

3. Dimensiones.

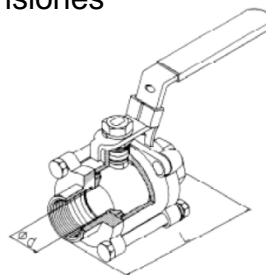
Para su selección se toma un diámetro nominal de 3/8" al igual que el purgador termodinámico.

Cuadro N.62 Dimensiones en milímetros de una válvula de esfera conexión tipo rosca.

DN	D	l
1/4"	11.6	60
3/8"	11.6	60
1/2"	15	75
1"	25	90
2"	50	140

Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/TI/7294.pdf>

Figura N 50. Detalles de dimensiones



Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/es/pdfs/TI/7294.pdf>

4.2.10 SELECCIÓN DE LA CALDERA. La caldera es la fuente encargada de generar el vapor que circula por el serpentín y es el necesario para elevar la temperatura del fluido a mezclar y así poder lograr una mejor homogenización

de los lubricantes, para este caso se utilizará una caldera a gas debido a la fácil asequibilidad del combustible.

Datos del proceso.

Flujo de vapor necesario para los dos serpentines debido a que de los tres serpentines simultáneamente funcionan dos, por lo tanto $\dot{m}_t=79.2\text{kg/h}$

Presión del vapor =143.27kpa equivalente a 21psi.

De acuerdo a los datos del proceso el tipo de caldera necesario es una caldera de baja capacidad, su selección se realiza de la siguiente manera.

Cuadro N 63. Modelos de calderas con diferentes capacidades.

Presión de diseño Standard 150 PSI; 10.5 kg./cm ²										
Modelo		5VIP	7.5VIP	10VIP	12VIP	15VIP	20VIP	30VIP	40VIP	50VIP
	BHP	5	7.5	10	12	15	20	30	40	50
	Mbtu/h	167.5	251.2	335.0	402.0	502.5	670.0	1005.0	1340	1675
	Kcal/h	42210	63315	84000	101304	126630	169000	254000	337680	422100
Evaporación	kg./h	79	116	156	188	235	313	469	626	783
Desde 212 Hasta 212 °F (100 °C)	lbs/h	173	256	345	414	517	690	1035	1380	1725
Dimensiones	cm.	150	176	187	193	198	212	235	250	287
A										
B	cm.	95	95	95	110	110	110	130	140	140
C	cm.	74	74	74	89	89	89	100	120	120
D	cm.	150	150	150	190	190	190	200	210	210
Diámetro Chimenea E	pulg.	7	7	9	9	9	11	11	13	13
Conexión Agua Fría F	pulg.	1	1	1	1	1	1	1	1½	1½
Conexión Salida de Vapor G	pulg.	½	¾	1	1	1	1	1½	2	2
Conexión Drenajes H	pulg.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conexión Control de Nivel I	pulg.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conexión Válvula de seguridad J	pulg.	½	¾	¾	¾	¾	¾	1	1	1½
Conexión Tren de Gas	pulg.	¾	¾	1	1	1	1	1½	1½	1½
Carga eléctrica * 60 ciclos ACPM # 2	HP	½	½	½	1.15	1.15	1.15	1.7	2.3	3.0
Motor ventilador Gas natural	HP	½	½	½	1.15	1.15	1.15	1.7	2.3	3.0
Gas GLP	HP	½	½	½	1.15	1.15	1.15	1.7	2.3	3.0
Bomba Alimentación de Agua	HP	¾	¾	¾	¾	¾	3.45	3.45	3.45	3.45
Consumo de ACPM # 2 (138 500 btu/gal)	gal/h	1.6	2.4	3.0	3.6	4.6	6.0	9.0	12.0	15.0
Combustible Gas natural (35300 btu/mts)	mts ³ /h	5.9	8.9	11.8	14.2	17.7	23.7	35.5	47.4	59.3
Gas GLP (91500 btu/gal)	gal/h	2.2	3.4	4.6	5.4	6.8	9.1	13.7	18.3	22.9
Peso Caldera Vacía	kg.	950	1000	1045	1200	1400	1497	2086	2540	3538
Nivel de Operación	kg.	1050	1095	1140	1350	1560	1645	2393	2948	4018
Llena de agua	kg.	1080	1125	1168	1390	1598	1686	2467	3287	4354

Fuente: <http://www.calderasjct.com.co/pdf/LiquidosVertBaja.pdf>.

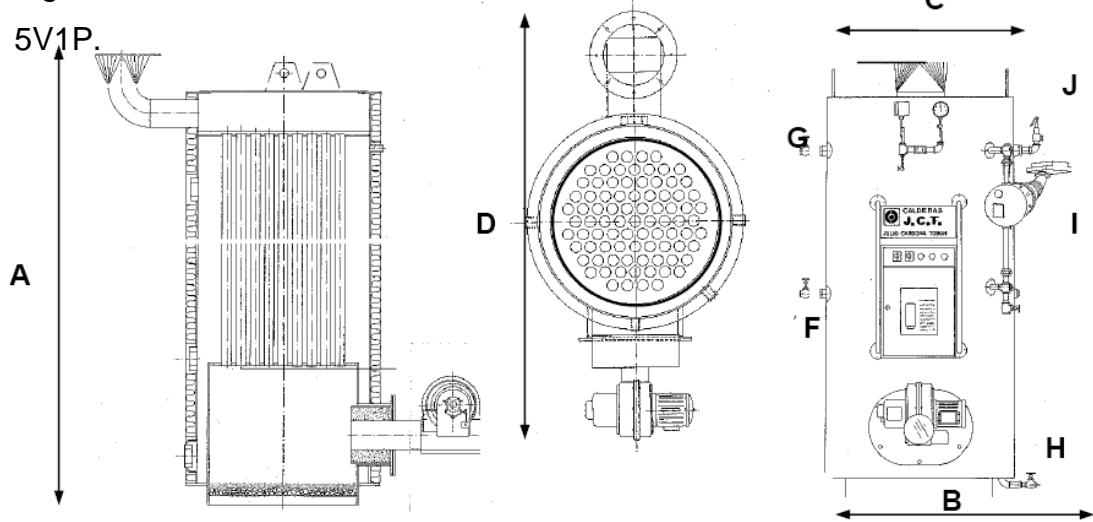
De acuerdo al catalogo de la empresa calderas JCT.S.A, Ubicada en la ciudad de Bogotá, seleccionamos la caldera que ofrece una flujo de vapor de 79 kg/h ya que ese el flujo que se necesita para los dos tanques de mezclado, a continuación se muestra más a fondo sus características técnicas.

Cuadro N 64. Especificaciones de la caldera seleccionada según catalogo de la empresa JCT.S.A,

Modelo	5V1P
Potencia.	5 BHP 167.5Mbtu/h 42210Kcal/h
Flujo de evaporación kg/h	79
Dimensiones.(Cm)	150
A	
B	95
C	74
D	150
Diámetro chimenea E (Pulg)	7
Conexión agua fría F(Pulg)	1
Conexión salida de vapor G(pulg)	½
Conexión drenaje H (pulg)	1
Conexión control de nivel I (Pulg)	1
Conexión valvula de seguridad J(pulg)	½
Conexión tren de gas (Pulg)	¾
Potencia motor ventilador gas natural(Hp)	½
Potencia motor bomba alimentación de agua(Hp)	¾
Consumo gas natural $\frac{m^3}{h}$	5.9
Peso llena de agua kg	1080

Fuente: <http://www.calderasjct.com.co/pdf/LiquidosVertBaja.pdf>

Figura N 51. Detalles de las dimensiones de la caldera seleccionada modelo 5V1P.



Fuente: <http://www.calderasjct.com.co/pdf/LiquidosVertBaja.pdf>

Para una mejor visualización se permite dar una imagen del tipo de caldera seleccionado.

Figura N 52. Imagen de la caldera seleccionada



Fuente: <http://www.calderasjct.com.co/pdf/LiquidosVertBaja.pdf>

4.2.10.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CALDERA:

- **Diseño Vertical de un Paso**

Asegura rápida producción de vapor.

Es la unidad de vapor ideal, económica y fácil de instalar para aplicaciones que requieran bajo consumo de vapor y que ocupen poco espacio.

- **El equipo incluye**

Caldera vertical de vapor.

Bomba alimentación de agua y motor.

Tanque de retorno del condensado.

Tablero de controles.

Conjunto de quemador y ventilador.

Conjunto control de nivel.

Conjunto control de presión.

- **Accesos Para limpieza**

Aberturas de mano para limpieza interior de los tubos. Fácil acceso al interior del hogar.

- **Quemadores de Aire Forzado**

Flexibilidad en combustibles: Gas natural, Gas propano, ACPM y combinaciones gas-aceite.

- **Control de Calidad**

Fabricada según los requerimientos del código ASME.

Riguroso chequeo de funcionamiento en la fábrica.

Chequeo de soldadura por radiografías, ultrasonido y líquidos penetrantes.¹⁵

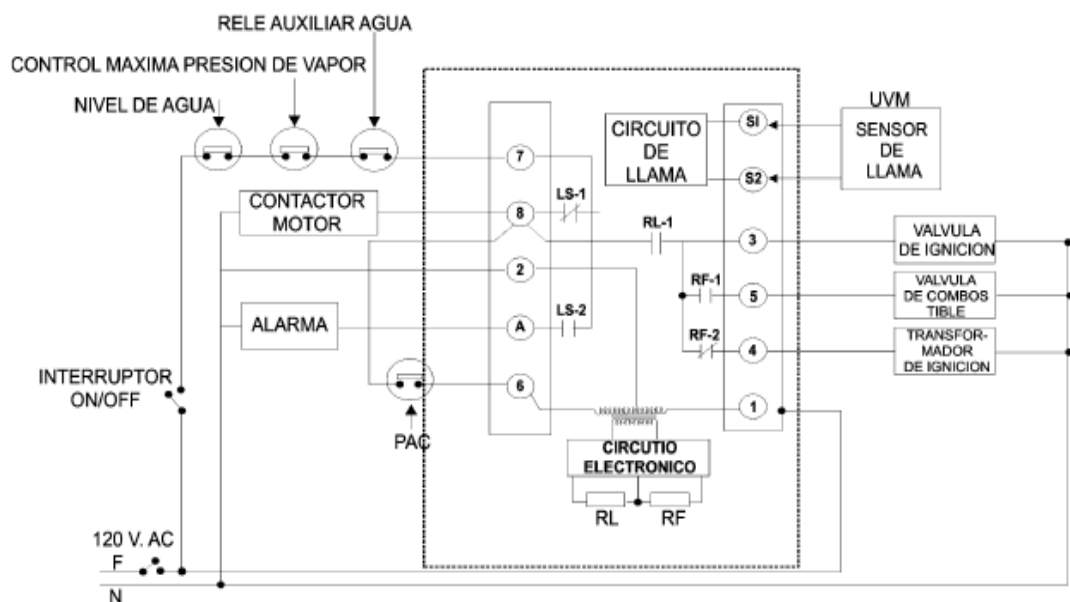
4.2.10.2 DISPOSITIVO DE CONTROL DE LA CALDERA. Control de estado sólido (estrategia de control on-off). Este Controlador es por excelencia para calderas pirotubulares y consiste en un conjunto de dispositivos electrónicos que realiza una secuencia lógica automática, única de operaciones de arranque, parada y operación manual.

Las variables que involucran bloqueos a la secuencia de operación de la caldera son:

¹⁵ <http://www.calderasjct.com.co/calderasjct.html>

- Presión y flujos de consumo mínimo y máximo, los cuales operan sobre el combustible.
- Aire y sus condiciones de operación de flujo y presión mínimos.
- Tiempo de purga, el cual debe garantizar la expulsión de los gases que se encuentren en la caldera antes de que se inicie el proceso de combustión.
- Condiciones de operación de la llama en el quemador.
- La marca del control para este tipo de caldera es Fireye, su secuencia de operación proporciona un barrido, ignición y seguridad para los quemadores de gas. El programador utiliza un detector de llama tipo UV (Ultravioleta), que tiene como función comprobar la existencia de combustión en el quemador, para evitar así que en determinado momento el gas escape sin ser quemado, emitiendo una señal eléctrica de 700 V. Su tiempo de respuesta a la falla es de 4 segundos.

Figura N 53. Esquema eléctrico del controlador marca fireye.



Fuente: Fireye Corporation.

Este control marca fireye se utiliza para calderas de ignición por llama piloto, para encender, apagar y mantener estable la combustión en la caldera.

- Encendido de la caldera. Para su encendido se presentan los siguientes pasos:

1. Con la señal de puesta en marcha y los controles de nivel (CN), límite depresión de vapor (PV) y el relay auxiliar de agua (RC) cerrados, el terminal 8 energiza el circuito del motor del ventilador que cierra el control de aire de combustión (PAC) que alimenta al terminal 6 que energiza el circuito electrónico, iniciando un barrido de gases o pre purga para evacuar la totalidad de los gases que hayan podido quedar en el circuito de humos. El tiempo de barrido debe ser el necesario para introducir un volumen de aire cuatro veces el volumen de los tubos de la caldera (aproximadamente 30 segundos).

Al mismo tiempo se energiza el circuito de control de la bomba de agua de alimentación para mantener un nivel correcto de agua dentro de la caldera.

2. Transcurrido el periodo de pre purga se cierra RL-1 y energiza al terminal 3 que suministrara la corriente a la válvula de ignición y el terminal 4 que suministra corriente al transformador de ignición que genera una chispa durante un periodo de ignición de 10 segundos formando una llama piloto.

3. Cuando la llama piloto es detectada por el sensor de llama, RF-1 se cierra y energiza el terminal 5 el cual suministra corriente a la válvula principal de combustible; RF-2 se abre deshabilitando el terminal 4 y terminando el periodo de ignición.

Si la llama piloto no es detectada al final del periodo de ignición la válvula de ignición y el transformador son desenergizados.

4. Cuando los controles de operación abren su circuito, o si ocurre una falla en el suministro de energía, el sistema entero es desenergizado pues el periodo de encendido del controlador tiene pasos secuenciales únicos.

Si la llama no se detecta durante el periodo de fuego la válvula principal de combustible será desenergizada, y mandara una señal de alarma. Para volver a encender la caldera se debe repetir el proceso anterior.

La secuencia de encendido automático de la caldera arranca cuando aplicamos energía al motor del ventilador que inicia el periodo de pre purga que dura entre 30 a 45 segundos, al término del cual se energiza la válvula y el transformador de chispa de ignición durante 4 segundos aproximadamente, dando origen a la llama piloto e iniciando un periodo de prueba de 10 segundos. Cuando la llama es detectada por el detector de llama y luego del periodo de prueba, el controlador abre la válvula principal de combustible originando el proceso de combustión en el quemador.

Toda esta secuencia se realiza siempre y cuando la caldera esté en condiciones aptas para su operación eficiente y segura; estas condiciones son:

- Un nivel mínimo de agua en la cámara de vaporización de la caldera.
- Un suministro comprobado de aire de combustión por parte del ventilador
- Suministro de gas a determinada presión.
- Circuitos de controles de operación cerrados.

No se permitirá ninguna tentativa automática de reencendido después de un fallo de encendido, para poder realizar un reencendido se procederá a subsanar la causa de la anomalía, y luego al reencendido mediante una acción manual, iniciando el ciclo nuevamente con el prebarrido.

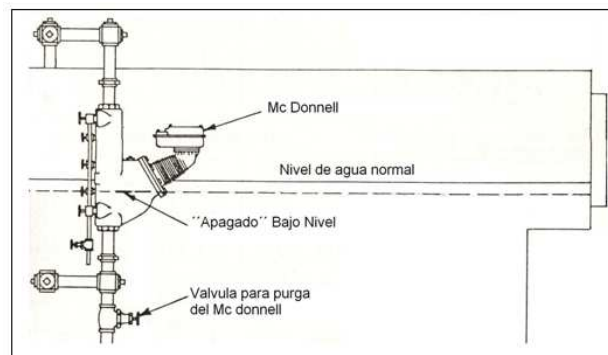
- **Parada normal.** Cuando el circuito de control de operación se abre, la válvula principal de combustible es desenergizada al igual que el contactor del motor del ventilador y todas las luces indicadoras del panel de control se apagan Parada de seguridad. Si la llama piloto no es detectada durante los 10 segundos de prueba en la secuencia de encendido, la válvula de ignición y el transformador de ignición serán desenergizados.
- **Elementos auxiliares de control.** Para que el fireye pueda realizar el control sobre la caldera, esta tiene elementos específicos de control en cada uno de los sistemas de la caldera.

Los controles de operación de la caldera que interactúan con el programador de encendido Fireye son:

- Control de nivel de agua
 - Control de límite de presión
 - Control auxiliar de nivel
-
- **Control de nivel.** El control de nivel de agua se basa en el balance másico que debe existir entre el agua de alimentación bombeada que entra y el flujo de vapor que sale para las diversas aplicaciones. Para que las condiciones de funcionamiento sean estables básicamente, el flujo másico de vapor y el flujo másico de agua deben ser iguales. Para ello el nivel de agua de la caldera debe reajustarse periódicamente para que se mantenga dentro de unos límites aceptables para su buen funcionamiento, permitiendo detectar y mantener un nivel adecuado de agua en la caldera, controlando el arranque y parada de la bomba de alimentación de agua, además de interrumpir el circuito del quemador y el accionamiento de una alarma visual en caso de bajo nivel. Este control es el “Mc DONNELL serie 157” que consiste en un flotador construido de un material resistente a altas presiones y temperaturas hasta de 150 Psig. Este flotador por medio de una palanca mueve dos interruptores de gota de mercurio que envían una señal al programador electrónico, El programador da la orden de apagado de la bomba al detectar un alto nivel o una orden de encendido de esta cuando el nivel de agua haya bajado hasta el punto preestablecido. Es de gran importancia mantener el nivel de agua en la caldera entre un rango preestablecido para evitar explosiones o daños severos a la estructura. Por ende se debe tener precaución cuando se instale el Mc Donnell para que sea localizado en la altura correcta en la caldera. Se debe instalar de tal forma que el nivel mínimo de agua este $\frac{3}{4}$ ” por encima de la última línea de tubos internos más alta de la caldera. La figura N54 muestra el control de nivel de la caldera seleccionada y su secuencia de operación. La bomba prenderá cuando el nivel de la

caldera baje $\frac{3}{4}$ con respecto al nivel normal marcado en el cuerpo del Mc Donnell. Cuando el nivel llegue a este punto el circuito del controlador será interrumpido y el circuito de alarma activado por bajo nivel y así permanecerá hasta que el nivel de agua sea nuevamente restablecido.

Figura N 54. Control de nivel "Mc Donnell"



Fuente: Mc Donnell

- **Control límite de presión.** El controlador límite de presión de vapor es el encargado de apagar la caldera cuando se alcanza una presión límite superior preestablecida, de esta manera se suministra una protección automática a sobre presiones.

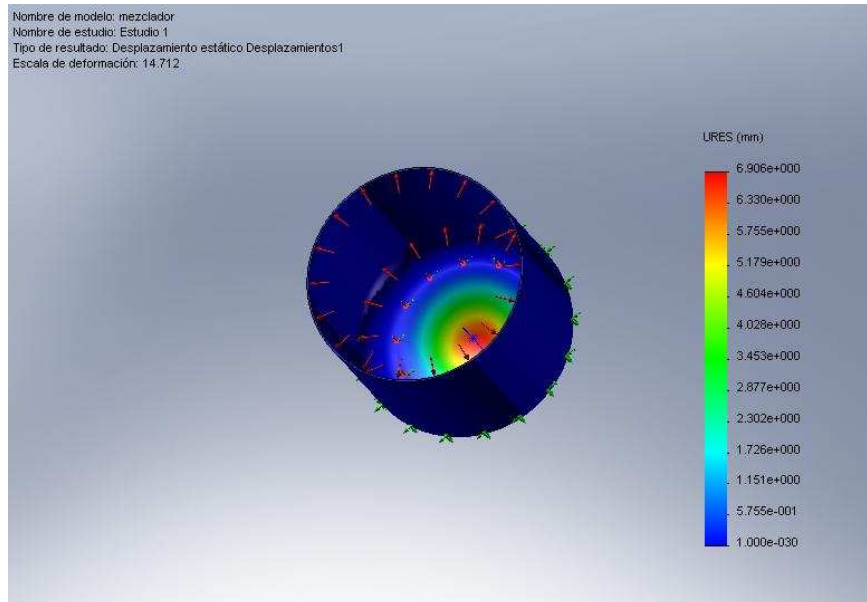
La caldera tiene un sistema de control de combustión ON / OFF, marca Honeywell; que a través del control límite de presión prende y apaga la caldera dentro de un rango de presión predeterminado. Cuando enciende al caldera la servo válvula y la válvula de gas están a máxima apertura y el ventilador trabaja a 1750 rpm, condición esta para una combustión adecuada (llama azul y estable).

El control límite de presión funciona básicamente como un interruptor de corriente, el cual abre el circuito y apaga la caldera cuando se alcanza la presión a la que fue tarada en la escala principal debido al desplazamiento de la gota de mercurio y cierra el circuito cuando se tiene una presión igual a la del taraje máximo menos la establecida en la escala auxiliar iniciando nuevamente la secuencia de encendido¹⁶.

¹⁶ SIMULACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO DE UNA CALDERA PIROTUBULAR BAJO CONTROL ON-OFF Y CONTINUO

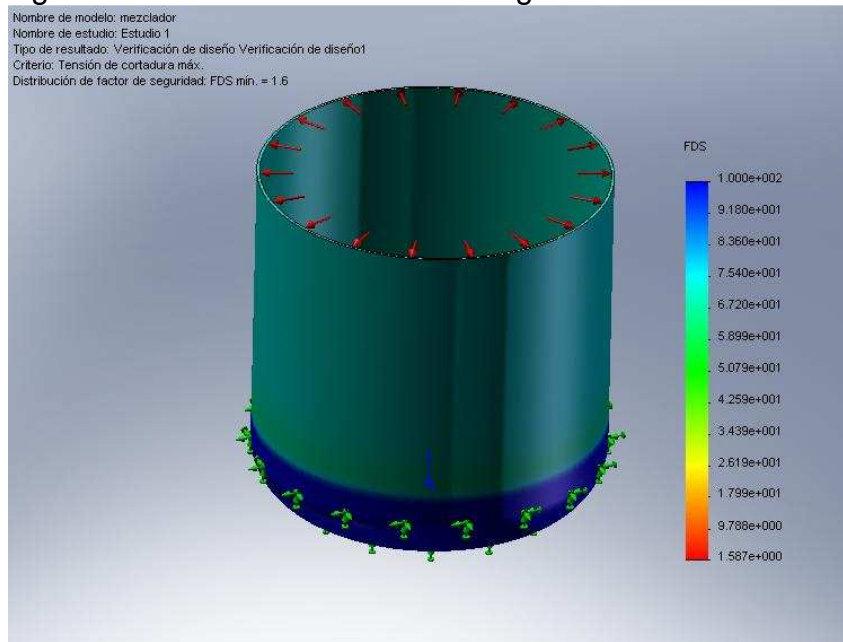
4.2.11 ANALISIS DEL TANQUE DE MEZCLADO. Para este análisis se utilizó como herramienta el software solidworks 2007, para verificación del correcto cálculo del mezclador

Figura N 55 Mezclador Máxima deformación.



Fuente: simulación realizada en solidWorks 2007

Figura N 56 Mezclador Factor de seguridad.



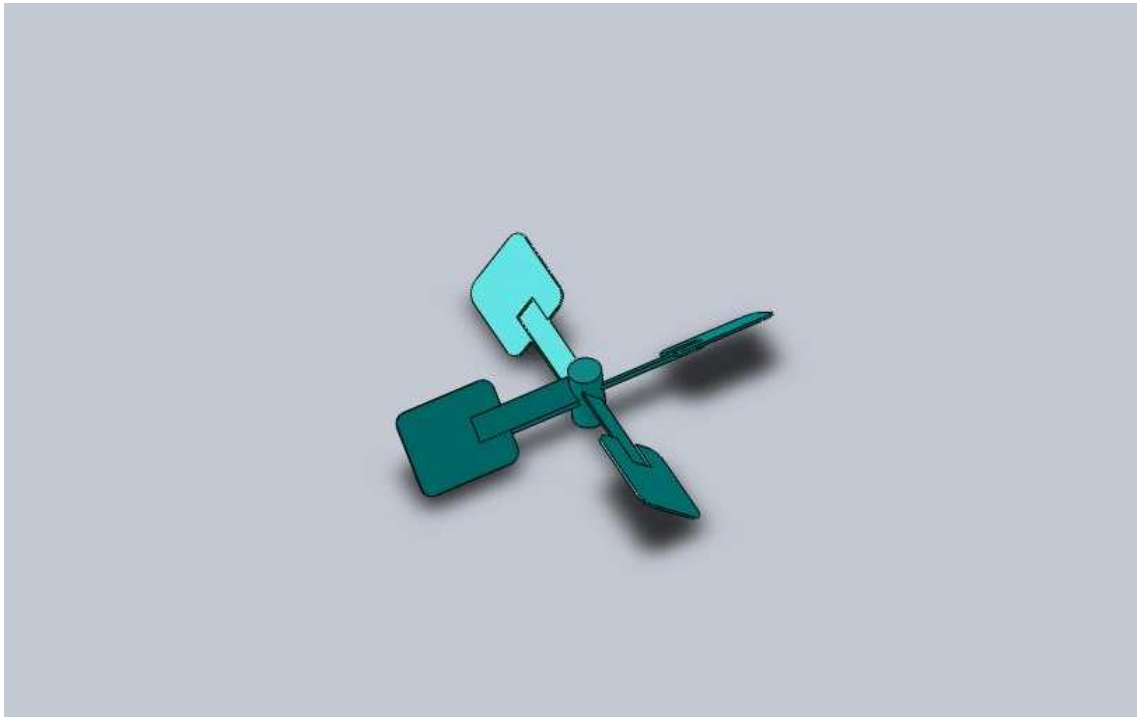
Fuente: simulación realizada en solidWorks 2007

En la figura anterior podemos establecer que para el mezclador, se presenta una máxima deformación en el fondo con un valor de 6mm.

Un factor de seguridad de 1.5 se encuentra en el fondo lo cual evidencia que la pared del mezclador no fallara.

El material de construcción del mezclador esta elaborado en acero A 304 para evitar que se presenten cualquier tipo de oxidación en presencia de oxigeno o por la continua proceso de mezcla y lavado al cual tiene que ser sometido después del proceso de elaboración de un lote de producto.

Figura N 57. Mezclador tipo Turbina con hélice inclinada.



Fuente: Autores de proyecto

4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LAS LÍNEAS DE TRANSPORTE DE ADITIVOS, BASES LUBRICANTES Y ACEITE.

La ficha de seguridad de los distintos tipos de fluidos, identificando sus respectivas especificaciones, cuidados, normativas en el manejo de los mismos; permite identificar criterios que son aplicados en el diseño de la tubería.

Las características de todos los fluidos utilizados son las mismas, la única diferencia que existe es su viscosidad; por lo tanto se realiza una sola ficha de clasificación.

Lubricantes:

- Lubricante para motores cuatro tiempos SAE 20w50.
- Lubricante para engranajes automotrices SAE 80w90 API GL-5.
- Lubricante para motores diesel SAE 15w40 API CI-4/SL.
- Lubricante para motores a gasolina SAE 20w50 API SL.
- Lubricante para motores diesel SAE 50 API CF/SF.
- Bases para fabricación de lubricantes
- Bases naftenicas.
- Aditivos para fabricación de lubricantes.

4.3.1 Ficha de datos de seguridad¹⁷

1. Identificación de la sustancia

1.1 Identificación de la sustancia: Lubricantes, Bases para la fabricación de lubricantes y aditivos para la fabricación de lubricantes

1.2 Uso de la sustancia: como fluidos lubricantes

1.3 Identificación de la empresa: Multifiltros limitada

2. Identificación de los procesos.

Sustancia no peligrosa según Reglamento.

3. Composición/ Información de los componentes.

¹⁷ Basado en: <http://www.panreac.com/new/esp/fds/ESP/X251002.htm>

Lubricantes, Bases para la fabricación de lubricantes y aditivos para la fabricación de lubricantes.

4. Primeros Auxilios.

4.1 Indicaciones generales: En caso de pérdida del conocimiento nunca dar a beber ni provocar el vómito.

4.2 Inhalación: Ir al aire fresco. En caso de que persista el malestar, pedir atención médica.

4.3 Contacto con la piel: Lavar abundantemente con agua. Quitarse las ropas contaminadas.

4.4 Ojos: Lavar con agua abundante manteniendo los párpados abiertos. En caso de irritación, pedir atención médica.

4.5 Ingestión: Beber agua abundante. En caso de malestar, pedir atención médica.

5. Medidas contra incendio.

5.1 Medios de extinción adecuados: Espuma. Polvo seco. Agua. Dióxido de carbono (CO₂).

5.2 Riesgos especiales: combustibles.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental.

6.1 Métodos de recogida/limpieza: Recoger con materiales absorbentes o en su defecto arena o tierra secas y depositar en contenedores para residuos para su posterior eliminación de acuerdo con las normativas vigentes. Limpiar los restos con agua abundante.

7. Manipulación y almacenamiento.

7.1 Manipulación: Sin indicaciones particulares.

7.2 Almacenamiento: Recipientes bien cerrados, ambiente seco en un lugar fresco protegido de la luz.

8. Controles de exposición/protección personal

8.1 Medidas técnicas de protección:---

8.2 Control límite de exposición:---

8.3 Protección respiratoria: En caso de formarse vapores, usar equipo respiratorio adecuado.

8.4 Protección de las manos: usar guantes apropiados.

8.5 Protección de los ojos: usar gafas adecuadas.

8.6 Medidas de higiene particulares: Lavarse las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

8.7 Controles de la exposición del medio ambiente: cumplir con la legislación Nacional sobre protección del medio ambiente, el proveedor de los medios de protección debe especificar el tipo de protección que debe usarse para la manipulación del producto, indicando el tipo de material, y cuando proceda, el tiempo de penetración de dicho material en relación con la cantidad y la duración de la exposición.

9. Propiedades físicas y químicas.

Aspecto líquido Opaco.

Olor Inodoro.

Punto de inflamación: 120 C

Densidad: 888Kg/m³

Solubilidad: Inmiscible con agua.

10. Estabilidad y reactividad.

10.1 Condiciones que deben evitarse: ---

10.2 Materias que deben evitarse: ---

10.3 Productos de descomposición peligrosos: CO, CO₂

10.4 Información complementaria: sensible a la luz

11. Información toxicológica.

11.1 Toxicidad aguda: DL₅₀ Oral > 5g/kg;

DL₅₀ dermal conejo >5g/Kg.

11.2 Efectos peligrosos para la salud: por inhalaciones de vapores: irritaciones.

En contactos con la piel: Puede provocar irritaciones, sensibilización, reacción alérgica.

Por contacto ocular: Puede provocar irritaciones.

Por ingestión de grandes cantidades. Trastornos gastro-intestinales.

No se descartan otras características peligrosas.

12. Consideraciones sobre la eliminación

12.1 Sustancia: su tratamiento y eliminación están sujetos a los reglamentos internos del país. Por tanto, en cada caso, procede contactar con la autoridad

competente, o bien con los gestores legalmente autorizados para la eliminación de residuos. Debido a que el aceite lubricante usado es un residuo peligroso, catalogado así por el Convenio de Basilea y ratificado en nuestro país mediante la Ley 253 de 1996, su manejo y disposición debe realizarse bajo medidas que garanticen que este no perjudique la salud humana y el medio ambiente. En Colombia además de la Ley 253 de 1996 que instituyó el principio del manejo ambiental racional de los desechos peligrosos, la Ley 430 de 1998 estableció la responsabilidad que tienen en el manejo del aceite usado tanto los generadores como los receptores, esto es, personas que acopian, almacenen, transporten o procesen aceites.¹⁸

12.2 Envases contaminados: los envases y embalajes contaminados de sustancias o preparados peligrosos tendrán el mismo tratamiento que los productos contenidos.

13. Información relativa al transporte: ---

14. Información Reglamentaria: Norma técnica colombiana NTC 5585.

15. Otras informaciones.

Número y fecha de revisión: Los datos consignados en la presente Ficha de Datos de Seguridad, están basados en nuestros actuales conocimientos, teniendo como único objeto informar sobre aspectos de seguridad y no garantizándose las propiedades y características en ella indicadas.

La selección de la tubería se baso en la norma ASTM B31.3 la cual considera los siguientes criterios.

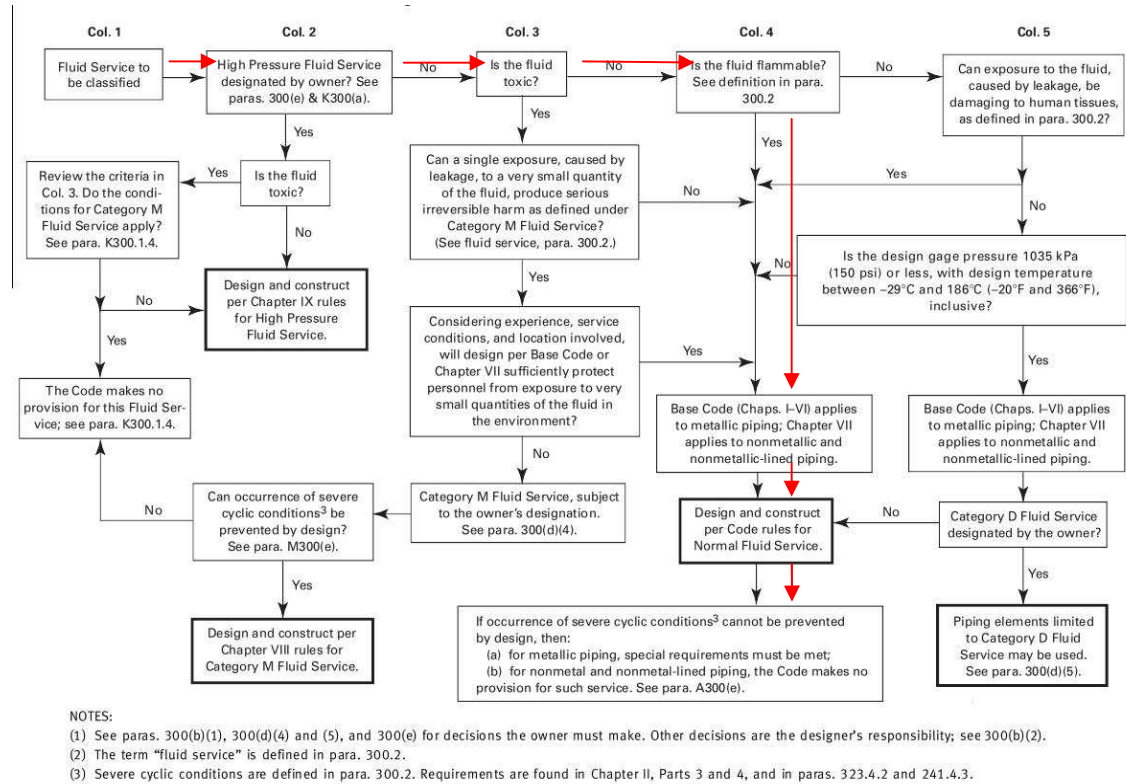
- Propiedades del fluido
- Experiencia en proyectos de sistemas de transporte de fluidos, que nos permiten la selección de la tubería.

La norma ASTM B31.3 presenta como base de selección un procedimiento grafico en donde involucra parámetros como presión, características del fluido a transportar con el objeto de seleccionar el tipo de material de la tubería que garantice un adecuado funcionamiento y seguridad de cada uno de los

¹⁸ <http://www.desechos.net/articles/10-gesti-n-y-logros-del-fondo-de-aceites-usados>

implicados en el espacio de operación. Dicho proceso se presenta en la siguiente figura.

Figura N 58. Criterios de Procedimiento Norma ASME B 31.3¹⁹



NOTES:
 (1) See paras. 300(b)(1), 300(d)(4) and (5), and 300(e) for decisions the owner must make. Other decisions are the designer's responsibility; see 300(b)(2).
 (2) The term "fluid service" is defined in para. 300.2.
 (3) Severe cyclic conditions are defined in para. 300.2. Requirements are found in Chapter II, Parts 3 and 4, and in paras. 323.4.2 and 241.4.3.

Fuente: ASME B31.3

Recomendaciones de acuerdo a los de la norma ASME B31.3 sección M.

En la columna 2 de la anterior figura el fluido no trabaja a alta presión, siguiendo a la columna 3 donde se identifica que todas las bases y aditivos no son tóxicos por lo tanto continua a la columna 4, aquí en esta columna se clasifican como fluidos inflamables por lo tanto los criterios indican que el diseño de la tubería se ajusta a la sección de tubería metálicas de trabajo normal.

¹⁹ Tabla de la norma ASME B31.3 sección M

En el medio local se encuentran distintos tipos de fabricantes, que aplican la norma ASME B31.3 al proceso de fabricación de tuberías, estos poseen años de experiencia, haciendo de sus productos confiables cumpliendo las exigencias de las normas de fabricación mediante la realización de pruebas y ensayos de control.

4.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA LA TUBERÍA. Para un cálculo menos complicado es conveniente realizar un proceso predefinido, el cual esboza los siguientes pasos.

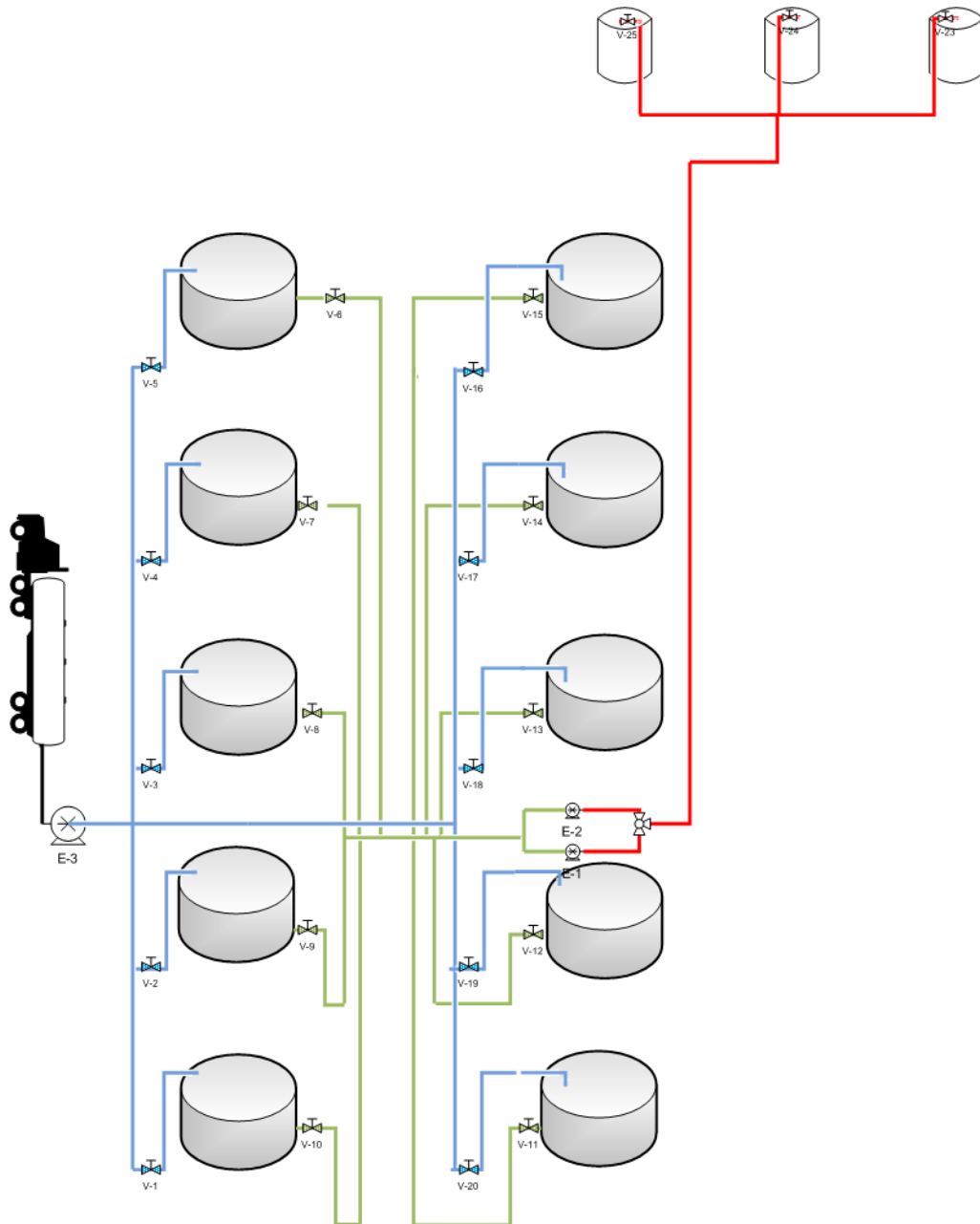
1. Selección del material de la tubería.
2. Elaborar el esquema de la línea de transporte en donde se tenga en cuenta las dimensiones reales de los tramos a seleccionar.
3. Realizar un proceso iterativo mediante el planteamiento de la ecuación de Bernoulli.
4. Asumir los diámetros como referencia de cálculo.
5. Determinar la longitud equivalente
6. Determinar las pérdidas en la tubería.
7. Obtener el diámetro que garantice:
 - Funcionamiento de la bomba a una alta eficiencia, es decir que la bomba trabaje en su punto nominal.
 - Pérdidas inferiores a un 30% de la longitud total.

4.3.3 CÁLCULO DE LAS LINEAS DE TRANSPORTE DE ADITIVOS.

Para el transporte de aditivos es necesaria la utilización de tres secciones de tuberías diferentes las cuales se clasifican en:

- Línea de descarga del tanque-camión hacia los tanques de almacenamiento (línea azul).
- Línea de succión desde el tanque hacia la bomba (línea verde).
- Línea de descarga hacia el mezclador (línea roja).

Figura N.59 Líneas de transporte de aditivos.



Fuente: Autores del proyecto

4.3.3.1 LINEA DE DESCARGA TANQUE- CAMION Es la encargada de transportar los aditivos por medio de una bomba de desplazamiento positivo desde el camión de suministro hasta los tanques de almacenamiento.

Pasos de selección.

1. Para la selección del material se tiene en cuenta las siguientes características:

- Transporte de aceites.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistente al impacto.
- No presente variaciones en sus propiedades mecánicas, por cambios de temperatura.
- Ideales para trayectos largos de tubería.

Existe una gama de tipos de tuberías que se ajustan a estas condiciones, para este caso se utiliza una tubería de acero A53 en todas las líneas de tubería tanto de aditivos, bases y aceites debido a que este acero es recomendado para este tipo de fluidos, además de su bajo costo.

2. Al elaborar el plano de distribución de planta se encuentran las siguientes especificaciones geométricas

- Las tuberías para el transporte de los aditivos desde el camión-tanque hacia los tanques de almacenamiento, consta de 12 metros de longitud en su tramo más largo.

Figura N. Descarga y trasiego de aditivos.

3. Para el proceso iterativo es necesario el planteamiento de la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_b}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_l$$

Donde cada uno de los términos

P_a = Presión atmosférica.

P_b = Presión a la salida de la bomba.

γ = Peso específico del aditivo.

v_1 = Velocidad del fluido salida de la bomba.

v_2 = Velocidad del fluido en la tubería.

Z = Altura del líquido con respecto a un nivel de referencia.

g = Gravedad.

h_L = Perdidas en la tubería.

Para el cálculo de cada una de las variables se utilizan las siguientes formulas:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (2)$$

Esta ecuación se utiliza para el calculo del área de la sección transversal con cada uno de los diámetros de la tubería; donde.

A = área de la sección circular de la tubería.

D = Diámetro interno de la tubería.

$$Q = vA \quad (3)$$

El valor de caudal es un parámetro ya establecido por los tanto esta ecuación se utiliza para la determinación de la velocidad.

Q = caudal en la tubería.

v = velocidad del fluido en la tubería.

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (4)$$

Este valor es un numero a dimensional, utilizado para determinar el régimen del fluido, laminar o turbulento.

R_e = Numero de Reynolds.

ρ = densidad del fluido.

μ = viscosidad del liquido.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (5)$$

Esta ecuación corresponde al factor de fricción

f =factor de fricción.

$$h_L = \frac{32Lv^2}{ReDg} \quad (6)$$

Son las pérdidas desarrolladas en la tubería, dependen de la longitud y de los accesorios de la tubería.

$$L = L_r + L_e \quad (7)$$

Esta ecuación corresponde a un valor de longitud que es la suma de la longitud real, más la equivalente por accesorios.

L = Longitud para cálculo de pérdidas.

L_e = longitud equivalente por accesorios.

L_r = longitud real de la tubería.

$$L_e = \frac{K \cdot D}{f} \quad (8)$$

La longitud equivalente por accesorios depende del factor de fricción, el diámetro y una constante.

K = coeficiente de resistencia de cada uno de los accesorios.

Este valor depende de los accesorios utilizados y la cantidad de los mismos

Datos de entrada: Corresponde a las propiedades del fluido y condiciones de flujo.

Cuadro N. 65 Datos del proceso de selección línea tanque- camión hacia tanque de almacenamiento

SIMBOLO	DESCRIPCION	VALOR
L_r	Longitud real del tramo	32 m
ρ	Densidad del fluido	$887 \frac{kg}{m^3}$
μ	Viscosidad del fluido	0.6 Pa-s
Q	Flujo requerido	100 GPM
P_a	Presión atmosférica	101.300Pa
G	Aceleración gravitacional	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Z_2	Nivel a cual se desea transportar el aditivo	1.8 m

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro N. 66 Valor de constantes según tipo de accesorios.²⁰

Accesorio	Cantidad	Valor de K	Valor total
Salida Tubería	1	1	1
Válvula de bola	2	3f	6f
Tes flujo directo	3	20f	60f
Te flujo a 90 grados	1	60f	60f
Codos a 90 grados	3	30	90f

Fuente: Autores del proyecto

²⁰ CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Bociudad:editorial.año.pag

$$K = 1 + 216f$$

Los pasos 4, 5 y 6 son aplicados en la solución de la tabla siguiente.

Cuadro N.67 Proceso iterativo para transporte de aditivos desde tanque camión hacia tanque de almacenamiento.

Diámetro Nominal Pulgadas	Velocidad (m/s)	Reynolds	f	L_e (m)	Perdidas Tubería h_L (m)	Presión Salida Bomba $\frac{P_b}{\gamma}$ (m)
1 1/2	4,80	290,45	0,22	9,02	260,02	273,36
2	2,91	226,23	0,28	11,53	101,56	114,90
2 1/2	2,04	189,40	0,34	13,73	52,42	65,76
3	1,32	152,42	0,42	17,02	23,56	36,90
4	0,77	116,15	0,55	22,27	8,80	22,14
6	0,34	77,10	0,83	33,46	2,06	15,40

Fuente: Autores del proyecto

7. De la tabla se deduce que el diámetro óptimo para el transporte de los aditivos lubricantes desde el Tanque-camión hacia los tanques de almacenamiento es la tubería de 2 ½ pulgadas. Igualmente se indica el valor de presión que se necesita con esta tubería a la salida de la bomba, para su posterior selección.

4.3.3.2 LINEA DE SUCCION TANQUE- BOMBA. Es la encargada de transportar los aditivos desde un tanque de almacenamiento hasta la bomba de desplazamiento positivo

Pasos de selección.

1. El material de selección es Acero A53
2. Al elaborar el plano de distribución de planta se encuentra las siguientes especificaciones geométricas.

- La tubería para el transporte de los aditivos desde los tanques de almacenamiento, hasta la bomba tiene una longitud de:9, 3 metros

3. Para el proceso iterativo es necesario el planteamiento de la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_m = \frac{P_i}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_l$$

Donde

Z_m = Nivel mínimo de fluido en el tanque con respecto a nivel de referencia

P_i = Presión a la entrada de la bomba.

Z_2 = Altura de la bomba con respecto al nivel de referencia.

Datos de entrada: Corresponde a las propiedades del fluido y condiciones de flujo.

Cuadro N.68 Datos del proceso de selección línea tanque- camión hacia tanque de almacenamiento

SIMBOLO	DESCRIPCION	VALOR
L_r	Longitud real del tramo	9.3 m
ρ	Densidad del fluido	$887 \frac{kg}{m^3}$
μ	Viscosidad del fluido	0.6 Pa-s
Q	Flujo requerido	2GPM
P_a	Presión atmosférica	101300Pa
G	Aceleración gravitacional	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Z_m	Nivel mínimo del fluido en el tanque con respecto referencia.	0.6 m

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro N. 69 Valor de constantes según tipo de accesorios. ²¹

Accesorio	Cantidad	Valor de K	Valor total
Salida de tanque	1	0.5	0.5
Válvula de globo	2	3f	6f
Tes flujo directo	1	20f	20f
Te flujo a 90 grados	1	60f	60f
Codos a 90 grados	2	30	60f

Fuente: Autores del proyecto

$$K = 0.5 + 146f$$

Los pasos 4, 5 y 6 son aplicados en la solución de la tabla siguiente.

Cuadro N.70 Proceso iterativo para transporte de aditivos, desde tanque almacenamiento hacia bomba.

Diámetro Nominal Pulgadas	Velocidad (m/s)	Reynolds	f	L_e (m)	Perdidas Tubería h_L (m)	Presión entrada Bomba $\frac{P_i}{\gamma}$ (m)
3/4 in	0,37	11,35	5,64	3,06	22,83	-10.61
1 in	0,23	8,92	7,18	3,89	9,28	2,95
1 1/4in	0,13	6,78	9,44	5,12	3,39	8.84
1 1/2 in	0,10	5,81	11,02	5,97	1,94	10.29
2 in	0,06	4,52	14,14	7,67	0,79	11.44
2 1/2in	0,04	3,79	16,90	9,16	0,42	11.81
3 in	0,03	3,05	20,99	11,38	0,20	12.03
4 in	0,02	2,32	27,55	14,93	0,08	12.15
6 in	0,01	1,54	41,50	22,49	0,02	12.21

Fuente: Autores del proyecto

²¹ CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Bociudad:editorial.año.pag

7. De la tabla se deduce que el diámetro óptimo para el transporte de los aditivos lubricantes desde el Tanque hacia la bomba es la tubería de 1 pulgada de diámetro nominal. Igualmente se indica el valor de presión que se necesita con esta tubería a la salida de la bomba, para su posterior selección.

4.3.3.3 LINEA DE DESCARGA BOMBA MEZCLADOR Es la encargada de transportar los aditivos desde la bomba de desplazamiento positivo hacia el mezclador.

Pasos de selección.

1. el material de selección es Acero A53
2. Al elaborar el plano de distribución de planta se encuentra las siguientes especificaciones geométricas.

- La tubería para el transporte de los aditivos desde la bomba hasta el mezclador consta de una longitud de: 9, 3 metros.

3. Para el proceso iterativo es necesario el planteamiento de la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_b}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_b = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_l$$

Donde

Z_2 = Nivel al cual se desea llevar el fluido con respecto al nivel de referencia

P_b = Presión en la salida de la bomba.

Datos de entrada: Corresponde a las propiedades del fluido y condiciones de flujo.

Cuadro N. 71 Datos del proceso de selección línea tanque- camión hacia tanque de almacenamiento

SIMBOLO	DESCRIPCION	VALOR
L_r	Longitud real del tramo	21 m
ρ	Densidad del fluido	$887 \frac{kg}{m^3}$
μ	Viscosidad del fluido	0.6 Pa-s
Q	Flujo requerido	2 GPM
P_a	Presión atmosférica	101300Pa
G	Aceleración gravitacional	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Z_2	Nivel máximo del mezclador con respecto al nivel de referencia.	2.2 m

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro N. 72 Valor de constantes según tipo de accesorios.²²

Accesorio	Cantidad	Valor de K	Valor total
Salida de tubería	1	1	1
Válvula de globo	2	3f	6f
Te flujo a 90 grados	2	60f	120f
Codos a 90 grados	5	30	150f

Fuente: Autores del proyecto

²² CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Bociudad:editorial.año.pag

$$K = 0.5 + 276f$$

Los pasos 4, 5 y 6 son aplicados en la solución de la tabla siguiente.

Cuadro N. 73 Proceso iterativo para transporte de aditivos, desde bomba hacia el mezclador.

Diámetro Nominal Pulgadas	Velocidad (m/s)	Reynolds	f	L_e (m)	Perdidas Tubería h_L (m)	Presión salida Bomba $\frac{P_b}{\gamma}$ (m)
1/2	0,64	15,04	4,26	4,36	144,35	158,19
3/4	0,37	11,35	5,64	5,78	49,48	63,32
1	0,23	8,92	7,18	7,36	19,95	33,79
1 1/4	0,13	6,78	9,44	9,68	7,21	21,05
1 1/2	0,10	5,81	11,02	11,29	4,09	17,93
2	0,06	4,52	14,14	14,49	1,66	15,50
2 1/2	0,04	3,79	16,90	17,31	0,88	14,72
3	0,03	3,05	20,99	21,51	0,41	14,25
4	0,02	2,32	27,55	28,23	0,16	14,00
6	0,01	1,54	41,50	42,52	0,04	13,88

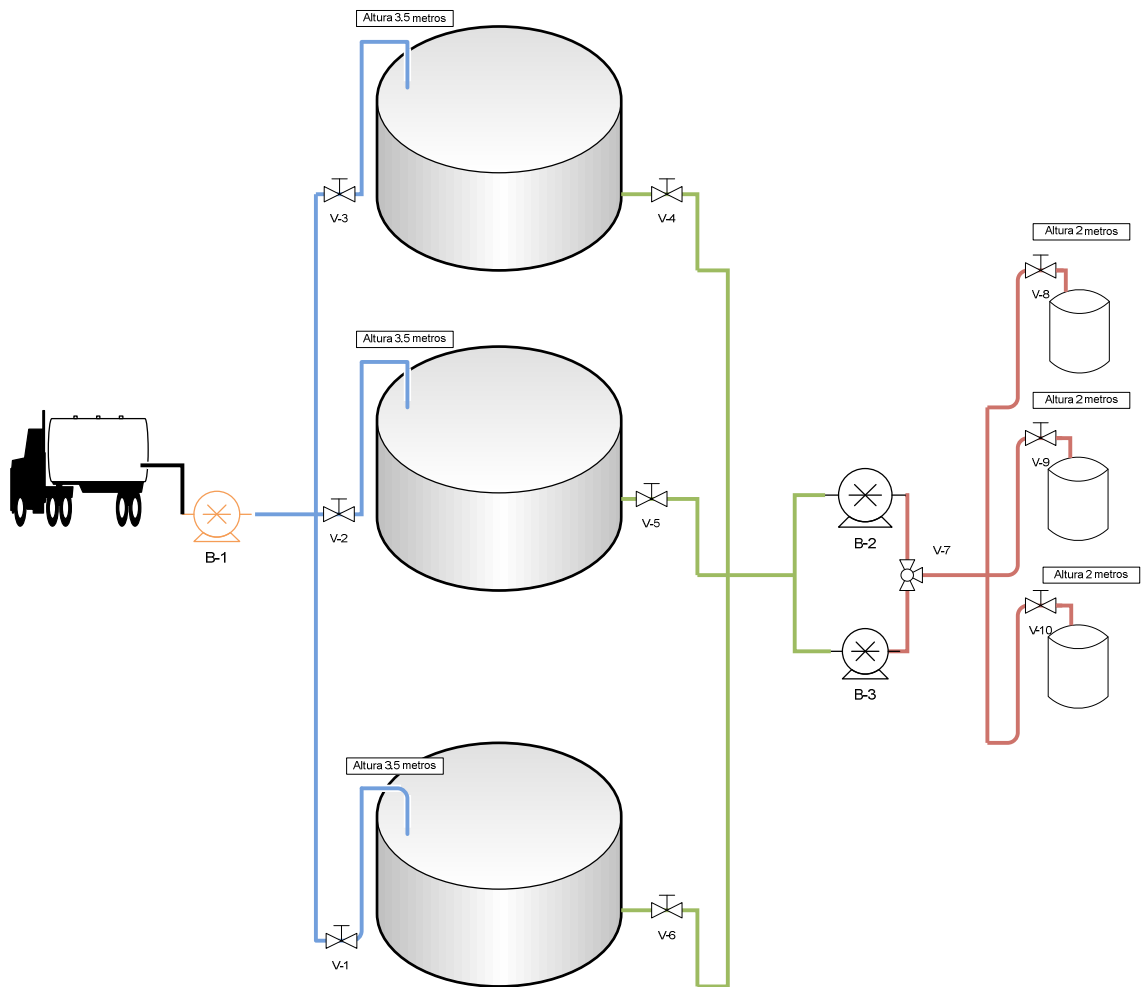
Fuente: Autores del proyecto

7. De la tabla se deduce que el diámetro óptimo para el transporte de los aditivos lubricantes desde la bomba hacia el mezclador es la tubería de ¾ pulgada de diámetro nominal. Igualmente se indica el valor de presión que se necesita con esta tubería a la salida de la bomba, para su posterior selección.

4.3.4 CALCULO DE LAS LINEAS DE TRANSPORTE DE BASES. Para el transporte de Bases es necesaria la utilización de tres secciones de tuberías diferentes las cuales se clasifican en:

- Línea de descarga del tanque-camión hacia los tanques de almacenamiento (línea azul).
- Línea de succión desde el tanque hacia la bomba (línea verde).
- Línea de descarga hacia el mezclador (línea roja).

Figura N. 60 Líneas de transporte de bases lubricantes.



Fuente: Autores del proyecto

4.3.4.1 LINEA DE DESCARGA TANQUE- CAMION. Es la encargada de transportar las bases por medio de una bomba de desplazamiento positivo desde el camión de suministro hasta los tanques de almacenamiento.

Pasos de selección.

1. El material de selección es Acero A53.
2. Al elaborar el plano de distribución de planta se encuentra las siguientes especificaciones geométricas
 - Las tuberías para el transporte de las bases lubricantes desde el camión-tanque hacia los tanques de almacenamiento, consta de 11 metros de longitud en su tramo más largo

3. Para el proceso iterativo es necesario el planteamiento de la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_b}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_l$$

Cuadro N.74 Datos del proceso de selección línea tanque- camión hacia tanque de almacenamiento

SIMBOLO	DESCRIPCION	VALOR
L_r	Longitud real del tramo	11 m
ρ	Densidad del fluido	$888 \frac{kg}{m^3}$
μ	Viscosidad del fluido	0.8 Pa-s
Q	Flujo requerido	100 GPM
P_a	Presión atmosférica	101.300Pa
G	Aceleración gravitacional	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Z_2	Nivel a cual se desea transportar la base	3.5 m

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro N. 75 Valor de constantes según tipo de accesorios.²³

Accesorio	Cantidad	Valor de K	Valor total
Salida Tubería	1	1	1
Válvula de bola	1	3f	3f
Tee flujo a 90 grados	1	60f	60f
Codos a 90 grados	3	30	90f

Fuente: Autores del proyecto

$$K = 1 + 153f$$

Los pasos 4, 5 y 6 son aplicados en la solución de la tabla siguiente.

Cuadro N. 76 Proceso iterativo para transporte de bases desde tanque camión hacia tanque de almacenamiento.

Diámetro Nominal Pulgadas	Velocidad (m/s)	Reynolds	f	L_e (m)	Perdidas Tubería h_L (m)	Presión salida Bomba $\frac{P_b}{\gamma}$ (m)
1 1/4	6,54	254,07	0,25	5,50	289,64	302,56
1 1/2	4,80	217,78	0,29	6,40	163,89	177,82
2	2,91	169,63	0,38	8,17	65,85	80,52
2 1/2	2,04	142,01	0,45	9,73	34,73	49,62
3	1,32	114,28	0,56	12,06	16,06	31,07
4	0,77	87,09	0,73	15,78	6,22	21,29
6	0,34	57,81	1,11	23,71	1,54	16,63

Fuente: Autores del proyecto

7. De la tabla se deduce que el diámetro óptimo para el transporte de las bases lubricantes desde el Tanque-camión hacia el tanque es la tubería de 2 ½

²³ CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Bociudad:editorial.año.pag

pulgadas de diámetro nominal. Igualmente se indica el valor de presión que se necesita con esta tubería a la salida de la bomba, para su posterior selección

4.3.4.2 LINEA DE SUCCION TANQUE- BOMBA. Es la encargada de transportar las bases desde un tanque de almacenamiento hasta la bomba de desplazamiento positivo

Pasos de selección.

1. el material de selección es Acero A53
2. Al elaborar el plano de distribución de planta se encuentra las siguientes especificaciones geométricas.
 - La tubería para el transporte de las bases desde los tanques de almacenamiento, hasta la bomba tiene una longitud de: 6, 3 metros
3. Para el proceso iterativo es necesario el planteamiento de la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_m = \frac{P_i}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_l$$

Donde

Z_m = Nivel mínimo de fluido en el tanque con respecto a nivel de referencia

P_i = Presión a la entrada de la bomba.

Z_2 = Altura de la bomba con respecto al nivel de referencia.

Datos de entrada: Corresponde a las propiedades del fluido y condiciones de flujo.

Cuadro N. 77 Datos del proceso de selección línea tanque- camión hacia tanque de almacenamiento

SIMBOLO	DESCRIPCION	VALOR
L_r	Longitud real del tramo	6.3 m
ρ	Densidad del fluido	$887 \frac{kg}{m^3}$
μ	Viscosidad del fluido	0.8 Pa-s
Q	Flujo requerido	20 GPM
P_a	Presión atmosférica	101300Pa
G	Aceleración gravitacional	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Z_m	Nivel mínimo del fluido en el tanque con respecto al nivel de referencia.	0.6 m

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro N. 78 Valor de constantes según tipo de accesorios.²⁴

Accesorio	Cantidad	Valor de K	Valor total
Salida de tanque	1	0.5	0.5
Válvula de globo	1	3f	3f
Te flujo a 90 grados	1	60f	60f
Codos a 90 °	2	30	60f

Fuente: Autores del proyecto

$$K = 0.5 + 63f$$

²⁴ CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Bociudad:editorial.año.pag

Los pasos 4, 5 y 6 son aplicados en la solución de la tabla siguiente.

Cuadro N. 79 Proceso iterativo para transporte de bases, desde tanque almacenamiento hacia bomba.

Diámetro Nominal Pulgadas	Velocidad (m/s)	Reynolds	f	L_e (m)	Perdidas Tubería h_L (m)	Presión salida Bomba $\frac{P_b}{\gamma}$ (m)
1 1/2	0,96	43,60	1,47	2,59	13,32	-1,17
2	0,58	33,96	1,88	3,32	5,36	6,83
2 ½	0,41	28,43	2,25	3,96	2,83	9,36
3	0,26	22,88	2,80	4,92	1,31	10,89
4	0,15	17,44	3,67	6,46	0,51	11,69
6	0,07	11,57	5,53	9,72	0,13	12,07

Fuente: Autores del proyecto

. 7. De la tabla se deduce que el diámetro óptimo para el transporte de las bases lubricantes desde el Tanque-camión hacia el tanque es la tubería de 2 pulgadas. Igualmente se indica el valor de presión que se necesita con esta tubería a la salida de la bomba, para su posterior selección

4.3.4.3 LINEA DE DESCARGA BOMBA MEZCLADOR. Es la encargada de transportar las bases desde la bomba de desplazamiento positivo hacia el mezclador.

Pasos de selección.

1. el material de selección es Acero A53
2. Al elaborar el plano de distribución de planta se encuentra las siguientes especificaciones geométricas.
 - La tubería para el transporte de las bases desde la bomba hasta el mezclador consta de una longitud de: 9, 3 metros.

3. Para el proceso iterativo es necesario el planteamiento de la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_b}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_b = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_l$$

Donde

Z_2 = Nivel al cual se desea llevar el fluido con respecto al nivel de referencia

P_b = Presión en la salida de la bomba.

Datos de entrada: Corresponde a las propiedades del fluido y condiciones de flujo.

Cuadro N. 80 Datos del proceso de selección línea tanque- camión hacia tanque de almacenamiento

SIMBOLO	DESCRIPCION	VALOR
L_r	Longitud real del tramo	21 m
ρ	Densidad del fluido	$888 \frac{kg}{m^3}$
μ	Viscosidad del fluido	0.8Pa-s
Q	Flujo requerido	20 GPM
P_a	Presión atmosférica	101300Pa
G	Aceleración gravitacional	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Z_2	Nivel máximo del mezclador con respecto al nivel de referencia.	2.2 m

Fuente: Autores del proyecto

Cuadro N. 81 Valor de constantes según tipo de accesorios.²⁵

Accesorio	Cantidad	Valor de K	Valor total
Salida de tubería	1	1	1
Válvula de globo	2	3f	6f
Tee flujo a 90 grados	2	60f	120f
Codos a 90 grados	4	30	120f

Fuente: Autores del proyecto

$$K = 1 + 246f$$

Los pasos 4, 5 y 6 son aplicados en la solución de la tabla siguiente.

Cuadro N.82 Proceso iterativo para transporte de bases, desde bomba hacia el mezclador.

Díámetro Nominal Pulgadas	Velocidad (m/s)	Reynolds	f	L_e (m)	Perdidas Tubería h_L (m)	Presión salida Bomba $\frac{P_b}{\gamma}$ (m)
1	2,26	66,92	0,96	6,58	164,68	182,10
1 1/4	1,31	50,87	1,26	8,65	63,01	75,93
1 1/2	0,96	43,60	1,47	10,09	36,44	49,39
2	0,58	33,96	1,88	12,94	15,19	28,17
2 1/2	0,41	28,43	2,25	15,46	8,23	21,22
3	0,26	22,88	2,80	19,20	3,93	16,93
4	0,15	17,44	3,67	25,18	1,58	14,58
6	0,07	11,57	5,53	37,92	0,41	13,41

Fuente: Autores del proyecto

²⁵ CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Bociudad:editorial.año.pag

7. De la tabla se deduce que el diámetro óptimo para el transporte de las bases lubricantes desde el Tanque-camión hacia el tanque es la tubería de 1 1/4 pulgadas de diámetro nominal. Igualmente se indica el valor de presión que se necesita con esta tubería a la salida de la bomba, para su posterior selección

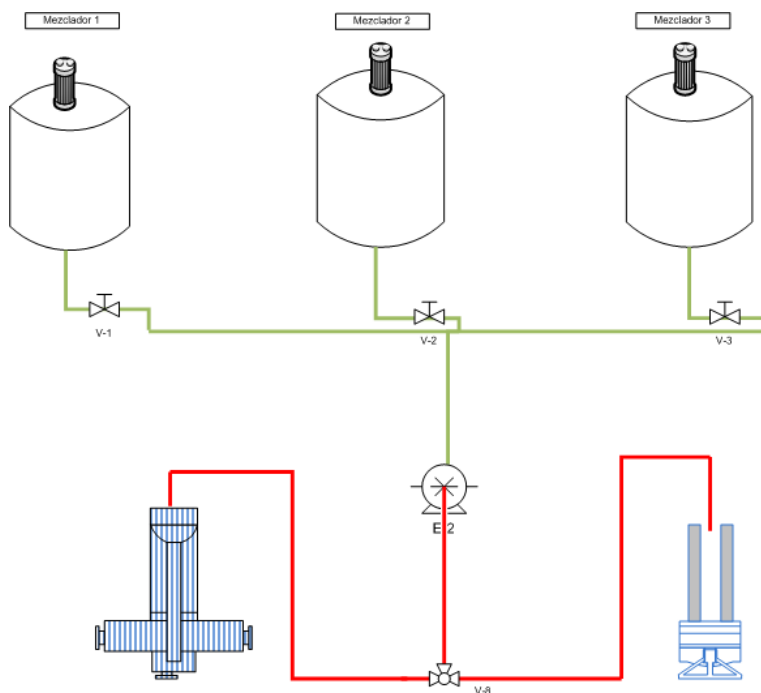
4.3.5 CALCULO DE LAS LINEAS DE TRANSPORTE DE LOS ACEITES LUBRICANTES DEL MEZCLADOR HACIA LAS ENVASADORAS.

Es necesario que la producción de aceites lubricantes, se almacene en diferentes presentaciones para esto es necesario transportarlos hasta el llenador automático de aceites el cual se encarga de su envasado.

Para el transporte de aceites es necesaria la utilización de dos secciones de tuberías diferentes las cuales se clasifican en:

- Línea de succión desde el mezclador hacia la bomba de desplazamiento positivo (línea verde).
- Línea de descarga hacia el envasador (línea roja).

Figura N.61 Línea de Transporte de los aceites.



Fuente: Autores del proyecto

4.3.5.1 LINEA DE SUCCION MEZCLADOR- BOMBA. Es la encargada de transportar los aceites desde el mezclador hasta la bomba de desplazamiento positivo

Pasos de selección.

1. el material de selección es Acero A53
2. Al elaborar el plano de distribución de planta se encuentra las siguientes especificaciones geométricas.
 - La tubería para el transporte de los aditivos desde los tanques de almacenamiento, hasta la bomba tiene una longitud de:5 metros
3. Para el proceso iterativo es necesario el planteamiento de la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_m = \frac{P_i}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_l$$

Donde

Z_m = Nivel mínimo de fluido en el mezclador con respecto a nivel de referencia

P_i = Presión a la entrada de la bomba.

Z_2 = Altura de la bomba con respecto al nivel de referencia.

Datos de entrada: Corresponde a las propiedades del fluido y condiciones de flujo.

Cuadro N.83 Datos del proceso de selección línea mezclador hacia tanque bomba.

SIMBOLO	DESCRIPCION	VALOR
L_r	Longitud real del tramo	5 m
ρ	Densidad del fluido	$887 \frac{kg}{m^3}$
μ	Viscosidad del fluido	0.58 Pa-s
Q	Flujo requerido	10 GPM
P_a	Presión atmosférica	101300Pa
G	Aceleración gravitacional	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Z_m	Nivel mínimo del fluido en el mezclador con respecto al nivel de referencia.	0.5 m

Fuente: Autores de proyecto.

Cuadro N 84 Valor de constantes según tipo de accesorios.²⁶

Accesorio	Cantidad	Valor de K	Valor total
Salida mezclador	1	0.5	0.5
Válvula de globo	1	3f	3f
Te flujo a 90 grados	1	60f	60f
Codos a 90	2	30	60f

Fuente: Autores de proyecto.

²⁶ CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Bociudad:editorial.año.pag

$$K = 0.5 + 123f$$

Los pasos 4, 5 y 6 son aplicados en la solución de la tabla siguiente.

Cuadro N. 85 Proceso iterativo para transporte de aceites, desde tanque almacenamiento hacia bomba.

Diámetro Nominal Pulgadas	Velocidad $v = \frac{Q}{A}$ (m/s)	Reynolds $R_e = \frac{\rho v D}{\mu}$	$f = \frac{64}{R_e}$	$L_e = \frac{KD}{f}$ (m)	Perdidas Tubería $h_L = \frac{fLv^2}{D2g}$ (m)	Presión entrada Bomba $\frac{P_2}{\gamma}$ (m)
1 1/4	0,65	35,05	1,83	4,32	10,58	1,50
1 1/2	0,48	30,05	2,13	5,04	6,15	5,94
2	0,29	23,40	2,73	6,47	2,59	9,51
2 1/2	0,20	19,59	3,27	7,72	1,41	10,69
3	0,13	15,77	4,06	9,59	0,68	11,42
4	0,08	12,02	5,33	12,59	0,28	11,82
6	0,03	7,98	8,02	18,96	0,07	12,03

Fuente: Autores de proyecto.

7. De la tabla se deduce que el diámetro óptimo para el transporte de los aceites lubricantes desde el mezclador hacia la bomba es la tubería de 1 ¼ pulgadas de diámetro nominal. Igualmente se indica el valor de presión que se necesita con esta tubería a la salida de la bomba, para su posterior selección.

4.3.5.2 LINEA DE DESCARGA BOMBA MEZCLADOR. Es la encargada de transportar los aceites desde la bomba de desplazamiento positivo hacia los envasadores.

Pasos de selección.

1. el material de selección es Acero A53
2. Al elaborar el plano de distribución de planta se encuentra las siguientes especificaciones geométricas.

- La tubería para el transporte de las bases desde la bomba hasta el mezclador consta de una longitud de: 9, 3 metros.

3. Para el proceso iterativo es necesario el planteamiento de la ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_b}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_b = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_l$$

Donde

Z_2 = Nivel al cual se desea llevar el fluido con respecto al nivel de referencia

P_b = Presión en la salida de la bomba.

Datos de entrada: Corresponde a las propiedades del fluido y condiciones de flujo.

Cuadro N. 86 Datos del proceso de selección línea mezclador hacia bomba hacia envasadores

SIMBOLO	DESCRIPCION	VALOR
L_r	Longitud real del tramo	3 m
ρ	Densidad del fluido	$888 \frac{kg}{m^3}$
μ	Viscosidad del fluido	0.58Pa-s
Q	Flujo requerido	10 GPM
P_a	Presión atmosférica	101300Pa
G	Aceleración gravitacional	$9.81 \frac{m}{s^2}$
Z_2	Nivel máximo envasador con respecto al nivel de referencia.	2.2 m

Fuente: Autores de proyecto.

Cuadro N. 87 Valor de constantes según tipo de accesorios.²⁷

Accesorio	Cantidad	Valor de K	Valor total
Salida de tubería	1	1	1
Válvula de globo	1	3f	3f
Te flujo a 90 grados	1	60f	60f
Codos a 90 °	3	30	90f

Fuente: Autores de proyecto.

$$K = 1 + 153f$$

Los pasos 4, 5 y 6 son aplicados en la solución de la tabla siguiente.

Cuadro N. 88 Proceso iterativo para transporte de aceites, desde bomba hacia el envasador.

Diámetro Nominal Pulgadas	Velocidad $v = \frac{Q}{A}$ (m/s)	Reynolds $Re = \frac{\rho v D}{\mu}$	$f = \frac{64}{Re}$	$Le = \frac{KD}{f}$ (m)	Perdidas Tubería $h_L = \frac{fLv^2}{D2g}$ (m)	Presión salida Bomba $\frac{P_2}{\gamma}$ (m)
1/2	3,22	77,77	0,82	2,44	149,54	163,17
3/4	1,83	58,71	1,09	3,22	55,56	69,19
1	1,13	46,11	1,39	4,10	24,13	37,76
1 1/4	0,65	35,05	1,83	5,38	9,52	23,15
1 1/2	0,48	30,05	2,13	6,28	5,68	19,31
2	0,29	23,40	2,73	8,05	2,49	16,12
2 1/2	0,20	19,59	3,27	9,61	1,40	15,03
3	0,13	15,77	4,06	11,94	0,69	14,32
4	0,08	12,02	5,33	15,67	0,29	13,92
6	0,03	7,98	8,02	23,59	0,08	13,71

Fuente: Autores de proyecto.

²⁷ CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Bociudad: editorial.año.pag

7. De la tabla se deduce que el diámetro óptimo para el transporte de los aceites lubricantes desde la bomba hacia el envasador es la tubería de $\frac{3}{4}$ pulgada de diámetro nominal. Igualmente se indica el valor de presión que se necesita con esta tubería a la salida de la bomba, para su posterior selección.

4.4 SELECCIÓN DE LAS BOMBAS

4.4.1 TRANSPORTE DE LOS FLUIDOS HACIA EL MEZCLADOR. Para el transporte de los aditivos y bases lubricantes es necesaria la utilización de bombas, las cuales son las encargadas del trasiego de los fluidos hasta el mezclador; estas deben cumplir los periodos de llenado y vaciado del mismo.

4.4.2 PRODUCCIÓN DE LA PLANTA DE ACEITES LUBRICANTES. La producción de aceites es de 100000 galones al mes, esta producción se distribuye en 22 días de trabajo, cada día de trabajo consta de una jornada de 8 horas diarias, en esta jornada se debe cumplir con la producción diaria de la planta.

El proceso de mezclado de aceite consta de las siguientes fases:

1. Llenar el mezclador con: las bases y aditivos.
2. Mezclar los aditivos durante el periodo establecido.
3. Vaciar el mezclador.
4. Llenar los envases con los aceites en las distintas presentaciones.

Periodos de las distintas fases del proceso.

1. Llenar el mezclador: 10 minutos
2. Mezcla de los distintos componentes: 25 minutos
3. Vaciar el mezclador: 5 minutos

El periodo que comprende la fase de mezclado equivale a 40 minutos, en dicho tiempo se producen 200 galones por cada tanque de mezclado. La producción que se debe garantizar es de 4550 galones al día. Teniendo en

cuenta que se utilizan tres tanques de mezclado, la regularidad de dicha fase es de 8 veces por cada tanque de mezclado al día para cumplir la producción.

La regularidad de llenado al tanque de mezclado, es igual a la periodicidad de funcionamiento de las bombas, factor que señala el tipo de bomba a utilizar, capaz de garantizar el flujo necesario para la producción.

4.4.3 CALCULO DEL FLUJO DE LAS BOMBAS, QUE TRANSPORTAN LOS ADITIVOS Y BASES AL TANQUE DE MEZCLADO. En este proceso es necesaria la determinación de valores como son: volúmenes y periodos de llenado en el mezclador.

Datos del proceso.

Cuadro N. 89 Datos del proceso para cálculo de flujo.

Periodo de llenado del mezclador (min)	Volumen del Mezclador (galones)	Volumen de Bases lubricantes 90% del volumen total (galones)	Volumen de Aditivos 10% del volumen total (galones)
10	200	180	20

Fuente: Autores de proyecto.

$$Q_b = \frac{v_b}{t_n}$$

Donde:

Q_b = caudal de la bomba de las bases

v_b = Volumen de bases

t_n = tiempo necesario de bombeo

Reemplazando tenemos:

$$Q_b = \frac{180}{10} = 18 \text{ GPM}$$

De igual manera se calcula el caudal necesario para los aditivos

$$Q_a = \frac{v_a}{t_n}$$

Q_a = caudal de la bomba de aditivos

v_b = Volumen de aditivos

t_n = tiempo necesario de bombeo

$$Q_a = \frac{20}{10} = 2 \text{ GPM}$$

4.4.4 TIPO DE BOMBAS Una ventaja que se tiene en el proceso de producción de aceites son: las bajas presiones que se tienen que garantizar, debido a la baja altura a cual se desea llevar los fluidos; por lo tanto la selección de las bombas se realiza teniendo como parámetro fundamental los caudales y viscosidades de las bases y aditivos.

Con las propiedades de los aditivos y bases lubricantes, se recomienda el uso de bombas de desplazamiento positivo, para el trasiego de los fluidos debido a:

- El límite para uso de bombas centrifugas llega solo hasta los 300 ssu, y su uso se recomienda hasta un límite máximo de 1000 ssu, cuando no se exceda más de 4000 horas anuales de servicio.
- La utilización de bombas centrifugas para el trasiego de este tipo de fluidos, implica su falla por calentamiento en sus componentes, por el excesivo consumo de potencia que se transforma en calor y no en energía hidráulica.
- Las bombas de desplazamiento positivo están diseñadas especialmente para el bombeo de fluidos con viscosidades medias y altas.

4.4.5 PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE LAS BOMBAS. Los valores de caudal y viscosidad son parámetros que determinan el tipo de bomba a utilizar, en el mercado hay variedad de fabricantes pero se adaptan a las condiciones de servicio los siguientes:

OBLI (como bomba dosificadora para los aditivos).

VIKING (para las otras bombas);

4.4.6 SELECCIÓN DE BOMBAS PARA EL TRANSPORTE DE ADITIVOS.

Procedimiento de selección.

Se menciona un procedimiento para la selección de las bombas tomado del catalogo del fabricante viking, a continuación se describe el proceso de selección:

1. Determinar la capacidad requerida en galones por minuto.
2. Determinar la viscosidad del líquido.
3. Seleccionar el tamaño de la bomba.
4. Seleccionar el tipo y clase de bomba.
5. Determinar el tamaño de la tubería de succión.
6. Determinar el tamaño de la tubería de descarga.
7. Determinar la potencia requerida.
8. Seleccionar el montaje.

4.4.6.1 TRANSPORTE DE LOS ADITIVOS HACIA EL MEZCLADOR. Es la encargada del trasiego de los aditivos desde los tanques de almacenamiento hasta el mezclador.

Las principales características son: el valor del flujo y la viscosidad.

Datos del proceso.

- Caudal de necesario para los aditivos (Q_a). 2 GPM

Propiedades de los aditivos:

- Densidad $\rho = 887 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$
- Viscosidad $\mu = 0.6 \text{ (P} \cdot \text{s)}$
- Viscosidad cinemática $\nu = 3076 \text{ SSU}$

El proceso para la selección de la bomba que trasiega los aditivos consiste en un método gráfico, utilizando el catálogo del fabricante el cual requiere datos de caudal, viscosidad y presión.

1. Para el transporte de aditivos la capacidad es de 2 galones por minuto.

2. La viscosidad dinámica del líquido es

$$\mu = 0.6 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

La viscosidad cinemática del líquido es

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.6}{887} = 0.000676 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 676 \text{ cSt} = 3076 \text{ SSU}$$

3. Con estos valores de viscosidad y capacidad se procede a seleccionar el tamaño de la bomba, en el catálogo de bombas **OBL** y encontramos que una primera aproximación es una bomba de diafragma mecánico **serie ML**.

4. El tamaño de la bomba se encuentra con el valor del flujo que es 450 litros por hora y es una bomba MLK550

5. El tamaño de la tubería de succión se basa en criterios como son costo de la tubería; por lo tanto a una tubería de diámetro pequeño tiene un menor costo; se selecciona una tubería de diámetro nominal 1 Pulgada (ver cuadro N. 70) la cual presenta una presión de 3,7 psi (NPSH_d 2.95m) en la entrada de la bomba.

6. La tubería de descarga seleccionada posee diámetro nominal ¾ pulgada (cuadro N.73), con este tamaño la bomba trabaja con una presión de descarga 76 psi, adicionalmente el diámetro nominal de la tubería es pequeño, lo cual significa menor costo en su compra.

7. El valor de potencia que suministra la bomba al fluido es:

$$P(Hp) = \frac{Q\Delta P}{1714}$$

Donde:

P = Potencia que suministra la bomba

Q = Caudal 2 galones por minuto.

ΔP = diferencial de presión 76 psi

$$P = 0.09 \text{ Hp.}$$

La potencia es 0,09 Hp a un caudal de 2 gpm y una presión de 76 psi, y la Potencia nominal de la Bomba es de 0.12 Hp (catalogo del fabricante); por lo tanto la eficiencia de trabajo de la bomba es:

$$\eta = \frac{P}{P_n} = 75\%$$

Eficiencia alta la cual garantiza un correcto desempeño de la misma.

8. Tipo de montaje según recomendaciones del fabricante.

Características de la bomba

Cuadro N.90 Datos técnicos de la bomba seleccionada.

Bomba	Descripción
Marca	<i>OBL</i>
Modelo	<i>MLK 550ADV</i>
Diámetro succión	<i>1 ¼ " AISI 316</i>
Diámetro Descarga	<i>1 ¼ " AISI 316</i>
Construcción	<i>ACERO AISI 316 L</i>
Caudal Max	500 LITROS HORA
Presión Max	7 BAR

Fuente: Cotización SERVICLORO

Cuadro N.91 Dimensiones de la bomba MLK 550

TYPE	AISI 316			PVC			DN UNI 2223/29		ANSI B16.5	
	A	B	C	A	B	C	AISI-316 PN 40	PVC PN 10	AISI-316 150 RF	PVC 150 RF
MLK 380										
MLK 440	350	108	240	394	132	270	32	32	1 1/4"	1 1/2"
MLK 550										
MLK 620	426	113	278	457	132	302	40	40	1 1/2"	2"
MLK 800										
MLK 950	470	116	320	497	135	345	40	40	1 1/2"	2"
MLK 1150										

Fuente: www.oblitalia.com/

4.4.6.2 TRANSPORTE DE LOS ADITIVOS HACIA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

En la fase de descarga se desea transportar los aditivos desde el camión tanque hasta los tanques de almacenamiento.

Se selecciona la bomba para el transporte de aditivos, desde el camión-tanque hasta los tanques de almacenamiento.

1. Para el transporte de aditivos la capacidad es de 100 galones por minuto.
2. La viscosidad dinámica del líquido es

$$\mu = 0.6 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

La viscosidad cinemática del líquido es

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.6}{887} = 0.0006761 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} = 676 \text{ cSt} = 3076 \text{ SSU}$$
3. Con estos valores de viscosidad y capacidad se procede a seleccionar el tamaño de la bomba, en el catalogo de bombas viking (ver anexo N) la preselección muestra una bomba de **tamaño L**.
4. Con la primera preselección encontramos que el fabricante recomienda una bomba tamaño **L 4124A**

5. Para determinar el tamaño de la tubería de succión encontramos en el catalogo de viking los siguientes datos:

Que para una capacidad de 100 galones por minuto y una viscosidad de 3100 SSU las perdidas en la tubería de cedula 40 y diámetro nominal 2 ½ pulgadas son 22.6 Kilo pascales por 1 metro de longitud.

6. El tamaño en la tubería de descarga hacia los tanques de almacenamiento, con una bomba de capacidad 100 galones por minuto y una viscosidad de 3100 SSU es 2 ½ pulgadas cedula 40 (ver cuadro N 67. indica los valores de presión y perdida en la tubería con los diferentes valores de diámetro).
7. Potencia de bomba es:

$$P(Hp) = \frac{Q\Delta P}{1714}$$

Donde:

P = Potencia que suministra la bomba

Q = Caudal 100 galones por minuto.

ΔP = diferencial de presión 135 psi

$$P = 7.9 Hp.$$

La potencia es 7.9 Hp a un caudal de 100 gpm y una presión de 135 psi, y la Potencia nominal de la bomba es de 10.5 Hp (catalogo del fabricante); por lo tanto la eficiencia de trabajo de la bomba es:

$$\eta = \frac{P}{P_n} = 75\%$$

Eficiencia alta la cual garantiza un correcto desempeño de la misma

8. Tipo de montaje según recomendaciones del fabricante.

Características de la bomba.

Cuadro N .92 Datos técnicos de la bomba seleccionada.

Bomba	Descripción
Marca	<i>VIKING</i>
Modelo	<i>L 4124A</i>
Diámetro succión	<i>2" ROSCADA NPT(F)</i>
Diámetro descarga	<i>2" ROSCADA NPT(F)</i>
Construcción	<i>STANDARD EN FUNDICION DE HIERRO</i>
Rotor	<i>FUNDICION DE HIERRO</i>
Piñón	<i>FUNDICION DE HIERRO</i>
Eje	<i>ACERO</i>
Bujes	<i>CARBON GRAFITO</i>
Sello tipo	<i>SELLO MECANICO EN BUNA</i>
Caudal Max	<i>120 GPM @ 640 RPM</i>
Presión Max	<i>150PSI</i>

Fuente: cotización IGIHM

Cuadro N 93 Acoplamiento

Motorreductor	Descripción
Tipo horizontal	<i>ENGRANAJES HELICOIDALES</i>
Reductor marca	<i>SEW EURODRIVE</i>
Potencia	<i>11 HP</i>
Motor marca	<i>SEW</i>
Motor tipo	<i>TEFC</i>
Voltaje	<i>220/440V</i>
Velocidad motor	<i>1750 RPM</i>
Velocidad salida	<i>450 RPM</i>

Fuente: cotización IGIHM

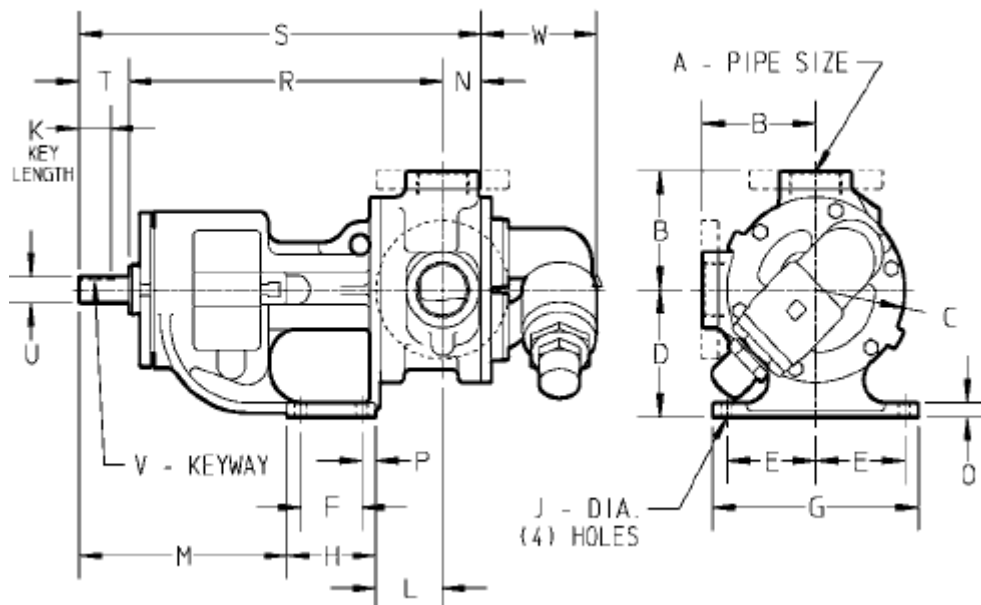
Figura N.64 Esquema bomba VIKING L4124A



Fuente: www.vikingpump.com

En la siguiente figura y tabla podemos encontrar las dimensiones correspondientes a la bomba L4124A

Figura N.65 Detalles de la Bomba L4124A



Fuente: www.vikingpump.com

Cuadro N.94 valores de las dimensiones de la bomba KK124A.

Modelo numero			A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
Packed	Stuffing box seal	Behind the rotor seal												
L124A/AE	L4124A/AE	L4124B	in	6,5	10,25	7	4,38	4	10	5,38	0,53	2	3,38	9,12
L126A	L4126A	L4124B	2 mm	165,1	260,3	177,8	111,3	101,6	254	136,7	13,5	50,8	85,9	231,6

Fuente: www.vikingpump.com

4.4.7 SELECCIÓN DE BOMBAS PARA EL TRANSPORTE DE BASES.

4.4.7.1 TRANSPORTE DE LAS BASES LUBRICANTES HACIA LA MEZCLADORA. Es la encargada del trasiego de las bases desde los tanques de almacenamiento hasta el mezclador.

Datos del proceso.

- Caudal de necesario para las bases (Q_b). 20 GPM

Propiedades de los aditivos

- *Densidad.* $\rho = 888 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$
- *Viscosidad.* $\mu = 0.8 \text{ (P} \cdot \text{s)}$
- *Viscosidad cinematica* $v = 4100 \text{ SSU}$

El procedimiento para la selección de la bomba se ha mencionado anteriormente, a continuación sigue el proceso de selección.

1. La capacidad es de 20 gpm.
2. La viscosidad dinámica del líquido es

$$\mu = 0.8 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

La viscosidad cinemática del líquido es

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.8}{888} = 0.0009 \frac{m^2}{s} = 900 \text{ cSt} = 4100 \text{ SSU}$$

3. Con estos valores de viscosidad y capacidad se procede a seleccionar el tamaño de la bomba, en el catalogo de bombas viking la preselección muestra una bomba de **tamaño HJ**
4. Con la primera preselección encontramos que el fabricante recomienda una bomba tamaño **HJ4195**.
5. Para determinar el tamaño de la tubería de succión, se identifica en el cuadro N 79 con un caudal de 20 galones por minuto y una viscosidad de 4100 SSU, el valor de presión es de 8.6 psi para tubería cedula 40 y diámetro nominal 2 pulgadas.
6. Para determinar el tamaño de la tubería de descarga, se identifica en el cuadro N 82 la presión de descarga es 90 psi con una tubería de cedula 40 y diámetro nominal 1 1/4 pulgadas
7. El valor de potencia es:

$$P(Hp) = \frac{Q\Delta P}{1714}$$

Donde:

P = Potencia que suministra la bomba

Q = Caudal 20 galones por minuto.

ΔP = diferencial de presión 90 psi

$$P = 1 Hp.$$

La potencia es 1Hp a un caudal de 20 gpm y una presión de 90 psi, y la Potencia nominal de la bomba es de 1.8 Hp (catalogo del fabricante); por lo tanto la eficiencia de trabajo de la bomba es:

$$\eta = \frac{P}{P_n} = 60\%$$

Eficiencia alta la cual garantiza un correcto desempeño de la misma.

8. Tipo de montaje según recomendaciones del fabricante

Características de la bomba

Cuadro N. 95 Datos técnicos de la bomba seleccionada.

Bomba	Descripción
Marca	<i>VIKING</i>
Modelo	<i>HJ 4195</i>
Diámetro succión	<i>1 1/2" ROSCADA NPT</i>
Diámetro descarga	<i>1 1/2" ROSCADA NPT</i>
Construcción	<i>FUNDICION DE HIERRO</i>
Rotor	<i>FUNDICION DE HIERRO</i>
Piñón	<i>FUNDICION DE HIERRO</i>
Eje	<i>ACERO</i>
Bujes	<i>CARBON GRAFITO</i>
Sello tipo	<i>MECANICO EN BUNA</i>
Caudal Max	<i>20 GPM @ 780 RPM</i>
Presión Max	<i>150PSI</i>

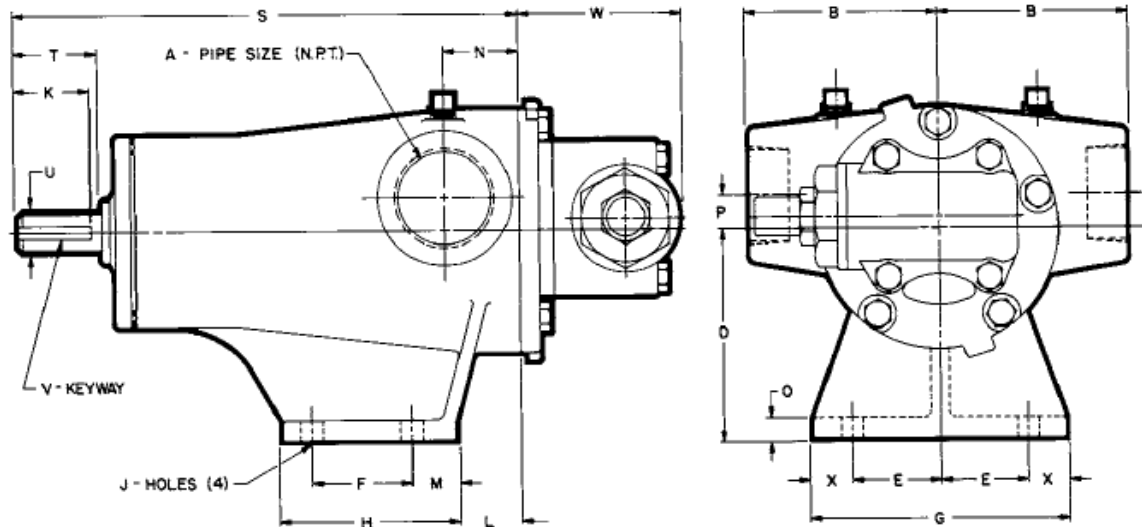
Fuente: Cotización IGIHM

Cuadro N.96 Acoplamiento Directo

Motor	Descripción
Marca	<i>WEG</i>
Potencia	<i>2 HP</i>
Motor tipo	<i>TRIFASICO TFC</i>
Voltaje	<i>230/460V</i>
Velocidad motor	<i>1750 RPM</i>

Fuente: Cotización IGIHM

FIGURA N.66 Detalles de la bomba HJ4195



Fuente: www.vikingpump.com

Cuadro N 97 Dimensiones de la bomba Viking HJ 4195.

MODEL NO.		A	B	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	S	T	U	V	W	X
G4195 GG4195	in	1	2.75	2.75	1.62	1.31	4.00	2.44	.34	.94	.03	.66	1.12	.31	.62	7.31	1.12	.500	FLAT	2.66	.30
	mm		70	70	41	33	102	62	9	24	1	17	29	8	16	186	29	12.70		67	10
H4195 HJ4195 HL4195	in	1½	3.75	4.12	1.75	2.00	5.00	3.50	.41	1.50	1.25	.88	1.50	.44	.62	10.00	1.62	.750	.19 x .09	3.28	.75
	mm		95	105	44	51	127	89	10	38	32	22	38	11	16	254	41	19.05		4.76 x 2.38	83

Fuente: www.vikingpump.com

4.4.7.2 TRANSPORTE DE LAS BASES LUBRICANTES HACIA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO. Se selecciona la bomba para el transporte de bases, desde camión-tanque hasta tanques de almacenamiento.

Datos del proceso.

- Caudal de necesario para las bases (Q_b). 100 GPM

Propiedades de los aditivos

- Densidad. $\rho = 888 \left(\frac{kg}{m^3} \right)$
- Viscosidad. $\mu = 0.8 \text{ (P} \cdot \text{s)}$
- Viscosidad cinematica $v = 4100 \text{ SSU}$

El procedimiento para la selección de la bomba se ha mencionado anteriormente: en el transporte de aditivos hacia los tanques de almacenamiento; con la diferencia es que la bomba es utilizada para el trasiego de las bases, hacia los tanques de almacenamiento de bases lubricantes, cada uno de los 3 tanques con una capacidad de 30000 galones.

4.4.8 TRANSPORTE DE LOS ACEITES LUBRICANTES HACIA LOS ENVASADORES. Se selecciona la bomba para el transporte de aceites desde el mezclador hacia los envasadores automáticos.

Datos del proceso.

- Caudal de necesario para las bases (Q_b). 10 GPM

Propiedades de los aditivos

- *Densidad.* $\rho = 888 \left(\frac{kg}{m^3}\right)$
- *Viscosidad.* $\mu = 0.58 \text{ (P} \cdot \text{s)}$
- *Viscosidad cinemática* $v = 4100 \text{ SSU}$

El procedimiento para la selección de la bomba se ha mencionado anteriormente, a continuación sigue el proceso de selección.

1. La capacidad es de 10 gpm.
2. La viscosidad dinámica del líquido es

$$\mu = 0.58 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

La viscosidad cinemática del líquido es

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.58}{887} = 0.000065 \frac{m^2}{s} = 653 \text{ cSt} = 3000 \text{ SSU}.$$

3. Con estos valores de viscosidad y capacidad se procede a seleccionar el tamaño de la bomba, en el catalogo de bombas viking la preselección muestra una bomba de **tamaño GG**.
4. Con la primera preselección encontramos que el fabricante recomienda una bomba tamaño **GG 4195**.

5. Para determinar el tamaño de la tubería de succión encontramos en la cuadro N 85 que un diámetro de 1 ¼ cedula 40, garantiza el flujo hacia la entrada de la bomba con una presión de 2 psi.
6. Para determinar el tamaño de la tubería de descarga encontramos en la cuadro N 88 que un diámetro de ¾ pulgadas garantiza que la bomba para el trasiego de los aceites hasta los envasadores funcione correctamente con una presión de descarga de 88 psi.
7. El valor de potencia es

$$P(Hp) = \frac{Q\Delta P}{1714}$$

Donde:

P = Potencia que suministra la bomba

Q = Caudal 10 galones por minuto.

ΔP = diferencial de presión 88 psi

$$P = 0.51 Hp.$$

La potencia es 0.51Hp a un caudal de 10 gpm y una presión de 88 psi, y la Potencia nominal de la bomba es de 0.58 Hp (catalogo del fabricante); por lo tanto la eficiencia de trabajo de la bomba es:

$$\eta = \frac{P}{P_n} = 88\%$$

Eficiencia alta la cual garantiza un correcto desempeño de la misma

8. Tipo de montaje según recomendaciones del fabricante

Características de la bomba

Cuadro N. 98. Datos técnicos de la bomba seleccionada.

Bomba	Descripción
Marca	<i>VIKING</i>
Modelo	<i>GG 4195</i>
Diámetro succión	<i>1 " ROSCADA NPT</i>
Diámetro descarga	<i>1 " ROSCADA NPT</i>
Construcción	<i>FUNDICION DE HIERRO</i>
Rotor	<i>FUNDICION DE HIERRO</i>
Piñón	<i>FUNDICION DE HIERRO</i>
Eje	<i>ACERO</i>
Bujes	<i>CARBON GRAFITO</i>
Sello tipo	<i>MECANICO EN VITON</i>
Caudal Max	<i>10 GPM @ 780 RPM</i>
Presión Max	<i>100PSI</i>

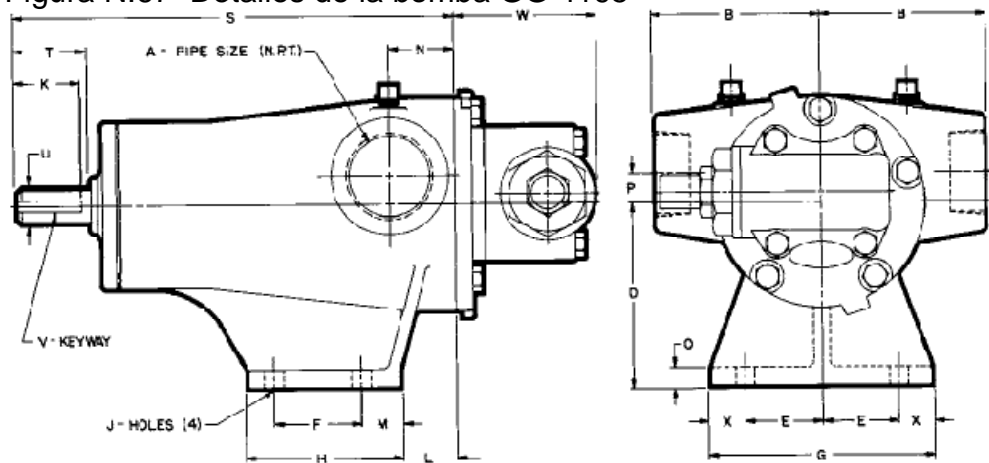
Fuente: Cotización IGIHM

Cuadro N. 99 Acoplamiento Directo

Motor	Descripción
Marca	<i>WEG</i>
Potencia	<i>1HP</i>
Motor tipo	<i>TRIFASICO TFC</i>
Voltaje	<i>230/460V</i>
Velocidad motor	<i>1750 RPM</i>

Fuente: Cotización IGIHM

Figura N.67 Detalles de la bomba GG 4195



Fuente: www.vikingpump.com

Cuadro N. 100 Dimensiones de la bomba GG4195

MODEL NO.		A	B	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	S	T	U	V	W	X
G4195	in	1	2.75	2.75	1.62	1.31	4.00	2.44	.34	.94	.03	.66	1.12	.31	.62	7.31	1.12	.500	FLAT	2.66	.38
GG4195	mm		70	70	41	33	102	62	9	24	1	17	29	8	16	186	29	12.70			67

Fuente: www.vikingpump.com

4.5 VALVULAS Y ACCESORIOS.

Válvulas. Son las encargadas de obstruir el paso del fluido en la tubería, así como también de regular el flujo a través de ellas de una manera sencilla, eficaz y económica.

La planta de producción de aceites requiere el uso de válvulas y de un correcto funcionamiento de las mismas, para ello se deben tener en cuenta factores como:

- Tipo de servicio,
- condiciones de operación,
- funcionamiento

Factores económicos:

- costos de mantenimiento

- costos de operación;

Una selección inadecuada causa: funcionamiento errático, posibles fugas (depende del tipo de fluido), pérdidas económicas y accidentes, debido a que los fluidos de trabajo son inflamables, contaminantes. Para su selección las normas API 600, API 6D, Y ANSI B 16.5 recomiendan que para trabajo con productos derivados del petróleo se debe utilizar válvulas de compuerta , válvulas de globo y válvulas de bola; En este caso por tratarse de bases y aditivos derivados de hidrocarburos se selecciona tipo bola.

En cuanto a la selección encontramos en el mercado variedad de distribuidores de válvulas pero se opta por una marca reconocida a nivel nacional y su fácil adquisición; Las válvulas a utilizar las proveerá la empresa KOBOLD, tiene una sede de distribución situada en la ciudad de Bogotá; de acuerdo a sus catálogos se realiza la selección como se muestra a continuación.

4.5.1 SELECCIÓN VÁLVULAS DE BOLA. Este tipo de válvulas son seleccionadas debido a sus aplicaciones en la conducción de fluidos:

- Para servicio de conducción y corte, sin estrangulación.
- Cuando se requiere apertura rápida.
- Para temperaturas moderadas.
- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación²⁸

Los distintos tipos de válvulas de globo seleccionados deben ser ubicados en los siguientes partes de la tubería.

- I. Línea de transporte de aditivos.
- II. Línea de transporte de bases.
- III. Selección de válvulas mezclador.
- IV. Actuadores

²⁸ <http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>

4.5.1.1 LINEA DE TRANSPORTE DE ADITIVOS. La tubería de transporte de aditivos desde los tanques de almacenamiento, hacia los mezcladores consta de 2 secciones de tubería:

- Una sección de succión antes de la bomba dosificadora.
- Una sección de descarga después de la bomba dosificadora.

La tubería de descarga del tanque camión consta de

- Una sección de llenado de los tanques de almacenamiento de aditivos desde el camión-tanque.

Las cuales poseen las siguientes válvulas y se clasifican así:

Cuadro N. 101 Especificaciones de válvulas con su respectiva ubicación.

Tubería	Diámetro (pulgadas)	Presión (psi)	Temperatura Celsius	Ubicación válvula	Tipo de válvula	Tipo de actuador	Cantidad de válvulas
Succión	1	3.7	25	Salida tanque	2 vías	Eléctrico	10
Descarga	½	200	25	Entrada al mezclador	2 vías	Eléctrico	3
Descarga	2 1/2	150	25	Entrada a los tanques de aditivos	2 vías	Manual	11

Fuente: Autores de proyecto.

a. Válvulas ubicadas en la salida de tanques de aditivos

Son las encargadas de permitir el flujo desde los tanques de almacenamiento de aditivos hacia la bomba dosificadora, este tipo de válvulas funcionan con diferentes tipos de actuadores, eléctrico, manual, hidráulico y neumático, debido a que su funcionamiento de apertura y cierre es periódico y rápido, se selecciona un actuador eléctrico que garantiza este tipo de respuesta; y

adicionalmente su programación se realiza desde un PLC, para su control de apertura y cierre.

Procedimiento de selección de válvulas

- **VÁLVULA 2 VÍAS**

La selección se realiza mediante un método gráfico en donde el parámetro único, es el diámetro nominal de la tubería el cual relaciona la clase o denominación de la válvula; sin embargo se debe tener precaución en la presión y temperatura de funcionamiento debido al rango que el fabricante limita es: 400 psi y 120 Celsius.

Cuadro N. 102 Propiedades del fluido y la tubería:

Propiedades	ADITIVOS
Presión (psi)	3.7
Temperatura C	25
Diámetro nominal Pulgadas	1

Fuente: Autores de proyecto.

Con el tamaño de la tubería 1 pulgada y la presión de 3.7 psi se procede a la selección de la válvula con su respectivo actuador eléctrico.

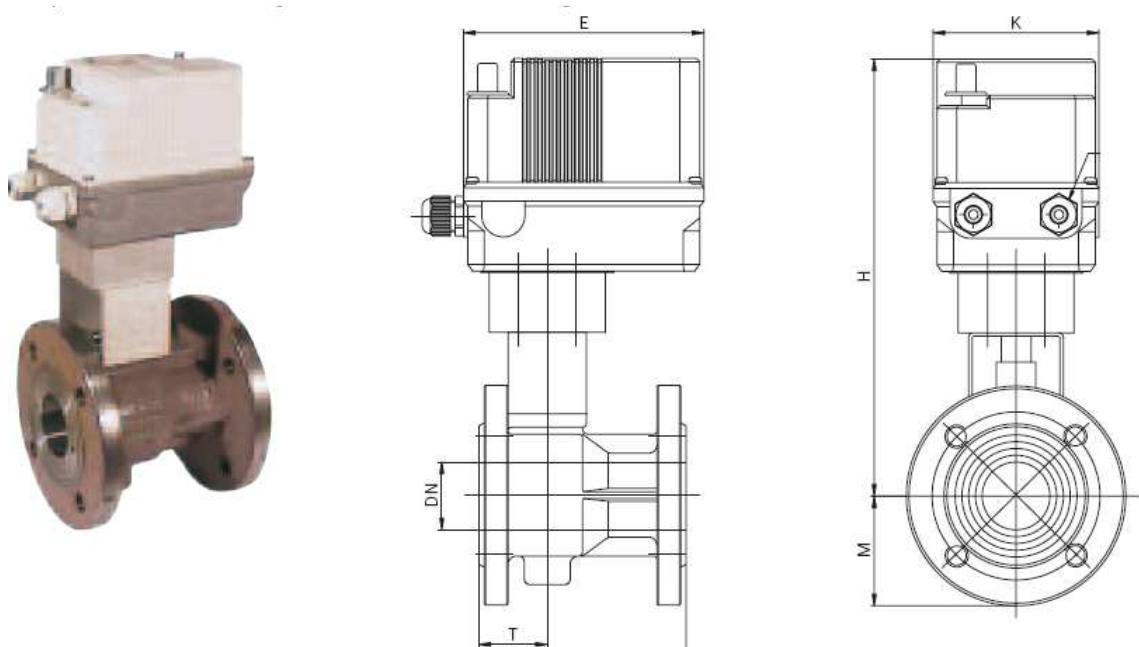
Cuadro N 103 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.

Brida DN	No. de pedido 230 V _{AC}	No. de pedido 24 V _{DC}	M mm	L mm	H mm	K mm	E mm	Peso kg
15	KUE-VKF 150	KUE-VKF 153	45.0	35.0	235	100	145	3.1
20	KUE-VKF 200	KUE-VKF 203	50.0	40.0	240	100	145	4.1
25	KUE-VKF 250	KUE-VKF 253	55.0	46.0	244	100	145	4.8
32	KUE-VKF 320	KUE-VKF 323	64.0	54.0	252	100	145	6.3
40	KUE-VKF 400	KUE-VKF 403	75.0	63.5	277	124	169	7.6
50	KUE-VKF 500	KUE-VKF 503	82.5	82.0	286	124	169	9.1

Fuente: www.koboldmessring.com

Para la tubería de 1 de pulgada el diámetro nominal en mm es 25; por lo tanto la tabla anterior indica que para este diámetro la válvula es KUE-VKF250

Figura N.68 Detalles de la válvula



Fuente: www.koboldmessring.com

b. Válvulas en la entrada a cada uno de los mezcladores.

Son las encargadas de direccionar el flujo hacia cada uno de los mezcladores, este tipo de válvulas funcionan con diferentes tipos de actuadores, eléctrico, manual, hidráulico y neumático, debido a que su funcionamiento de apertura y cierre es periódico y rápido se selecciona un actuador eléctrico brindando una respuesta rápida y efectiva.

Procedimiento de selección de válvulas

La selección se realiza mediante un método gráfico en donde el parámetro único, es el diámetro nominal de la tubería el cual relaciona la clase o denominación de la válvula; sin embargo se debe tener precaución en la presión y temperatura de funcionamiento debido a que su rango límite es: 400 psi y 120 Celsius.

Cuadro N.104 Propiedades del fluido y la tubería:

Propiedades	ADITIVOS
Presión (psi)	200
Temperatura C	25
Diámetro nominal Pulgadas	1/2

Fuente: Autores de proyecto.

Con el tamaño de la tubería y la presión de 200 psi se procede a la selección de la válvula con su respectivo actuador eléctrico.

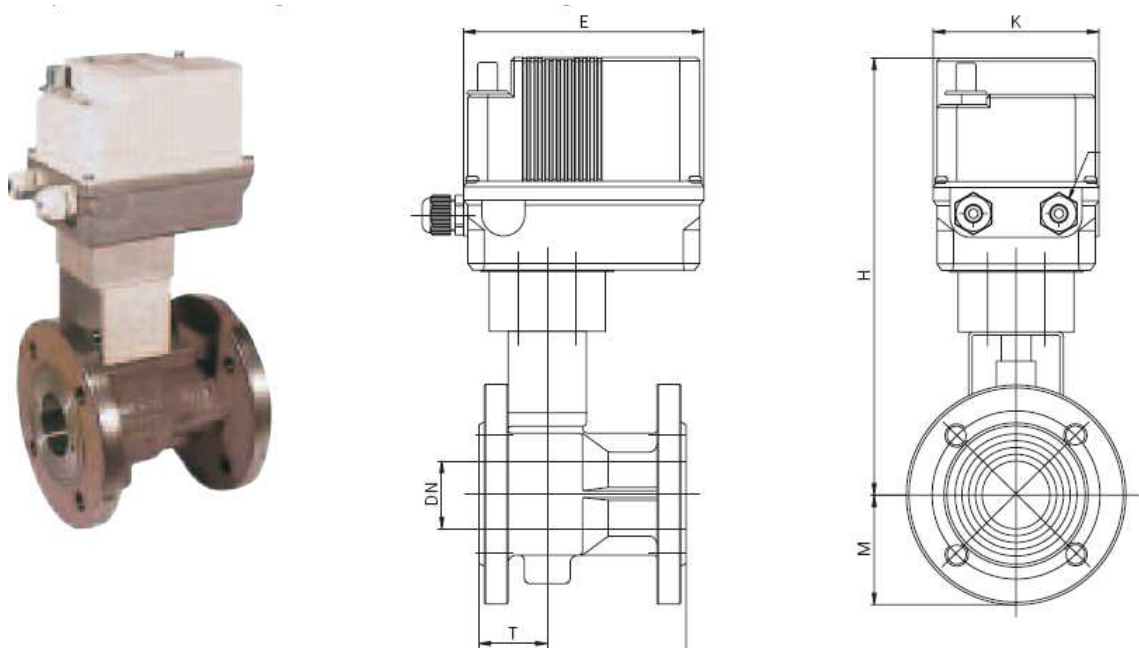
Cuadro N 105 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.

Brida DN	No. de pedido 230 V _{AC}	No. de pedido 24 V _{DC}	M mm	L mm	H mm	K mm	E mm	Peso kg
15	KUE-VKF 150	KUE-VKF 153	45.0	35.0	235	100	145	3.1
20	KUE-VKF 200	KUE-VKF 203	50.0	40.0	240	100	145	4.1
25	KUE-VKF 250	KUE-VKF 253	55.0	46.0	244	100	145	4.8
32	KUE-VKF 320	KUE-VKF 323	64.0	54.0	252	100	145	6.3
40	KUE-VKF 400	KUE-VKF 403	75.0	63.5	277	124	169	7.6
50	KUE-VKF 500	KUE-VKF 503	82.5	82.0	286	124	169	9.1

Fuente: www.koboldmessring.com

Para la tubería de ½ de pulgada y transporte de aditivos, el diámetro nominal en mm es 15 por lo tanto la tabla anterior indica la válvula es KUE-VKF 150.

Figura N.69 Detalles de la válvula



Fuente: www.koboldmessring.com

c. Válvulas en la entrada a los tanques de almacenamiento de aditivos.

Son las encargadas de direccionar el flujo hacia cada uno de los tanques de almacenamiento de aditivos, este tipo de válvulas funcionan con actuador manual, debido a que su funcionamiento de apertura y cierre no es periódico, y no es necesario un sistema auxiliar de apertura para vencer la presión en la tubería.

Procedimiento de selección de válvulas

La selección se realiza mediante un método gráfico en donde el parámetro único, es el diámetro nominal de la tubería el cual relaciona la clase o denominación de la válvula; sin embargo se debe tener precaución en la presión y temperatura de funcionamiento debido a que su rango límite es: 400 psi y 120 Celsius.

Cuadro N. 106 Propiedades del fluido y la tubería:

Propiedades	ADITIVOS
Presión (psi)	150
Temperatura C	25
Diámetro nominal Pulgadas	2 1/2

Fuente: Autores de proyecto.

Con el tamaño de la tubería y la presión de 150 psi se procede a la selección de la válvula.

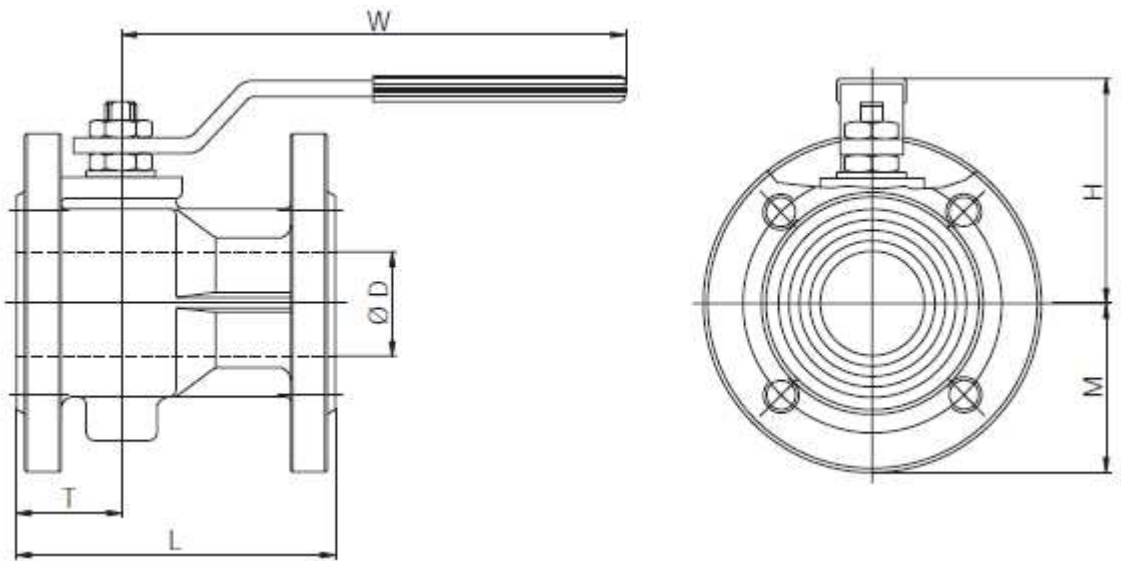
Cuadro N 107 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.

Brida DN	Pedido no.	D mm	L mm	H mm	M mm	W mm	T mm
25	KUG-VOF 25	25	125	78.0	57.5	174.5	42
32	KUG-VOF 32	32	130	85.0	70.0	174.5	47
40	KUG-VOF 40	40	140	101.5	75.0	250.5	49
50	KUG-VOF 50	50	150	107.5	82.5	250.5	52
65	KUG-VOF 65	65	170	125.5	92.5	321.5	65
80	KUG-VOF 80	80	180	137.0	100.0	321.5	66
100	KUG-VOF 1H	100	190	157.0	110.0	381.5	89
125	KUG-VOF 1Z	125	200	179.5	125.0	381.5	100
150	KUG-VOF 1F	150	210	237.0	142.5	700.0	105
200	KUG-VOF 2H	200	400	279.0	170.0	700.0	200

Fuente: www.koboldmessring.com

Para la tubería de 2½ de pulgada y transporte de aditivos, el diámetro nominal en mm es 65 por lo tanto la tabla anterior indica la válvula es KUG-VOF 65.

Figura N. 70 Detalles de la válvula



Fuente: www.koboldmessring.com

4.5.1.2 LINEA DE TRANSPORTE DE BASES LUBRICANTES. La tubería de transporte de bases desde los tanques de almacenamiento, hacia los mezcladores consta de 2 secciones de tubería:

- sección de succión antes de la bomba de desplazamiento positivo viking.
- sección de descarga después de la bomba.

La tubería de descarga del tanque camión consta de

- sección de llenado de los tanques de almacenamiento de bases desde el camión-tanque.

Cuadro N108 Características de válvulas con su respectiva ubicación

Tubería	Diámetro pulgadas	Presión psi	Temperatura Celsius	Ubicación válvula	Tipo De válvula	Tipo de actuador	Cantidad de válvulas
Succión	2	8.6	25	Salida tanque	2 vías	Manual	3
Descarga	1 ¼	95	25	Entrada al mezclador	2 vías	Eléctrico	3
Descarga	2 1/2	106	25	Entrada a los tanques de bases	2 vías	Manual	3

Fuente: Autores de proyecto.

d. Válvulas ubicadas en la salida de los tanques de bases

Son las encargadas de permitir el flujo desde los tanques de almacenamiento de bases, hacia la bomba de desplazamiento positivo viking, estas válvulas funcionan con un actuador manual debido a que su funcionamiento de apertura y cierre es limitado o de poco uso.

Procedimiento de selección de válvulas

- VÁLVULA 2 VÍAS

La selección se realiza mediante un método grafico en donde el parámetro único, es el diámetro nominal de la tubería el cual relaciona la clase o denominación de la válvula; sin embargo se debe tener precaución en la presión y temperatura de funcionamiento debido a que su rango limite es: 400 psi y 120 Celsius.

Cuadro N 109 Propiedades del fluido y la tubería:

Propiedades	Bases
Presión (psi)	8.6
Temperatura C	25
Diámetro nominal Pulgadas	2

Fuente: Autores de proyecto.

Con el tamaño de la tubería 2 pulgada y la presión de 8.6 psi se procede a la selección de la válvula.

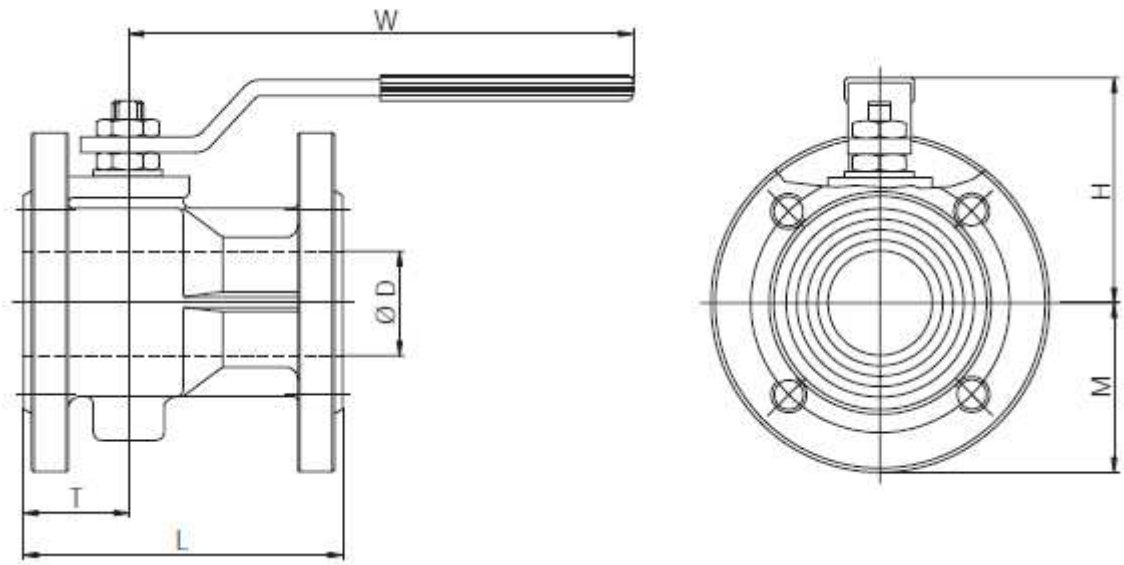
Cuadro N 110 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.

Brida DN	Pedido no.	D mm	L mm	H mm	M mm	W mm	T mm
25	KUG-VOF 25	25	125	78.0	57.5	174.5	42
32	KUG-VOF 32	32	130	85.0	70.0	174.5	47
40	KUG-VOF 40	40	140	101.5	75.0	250.5	49
50	KUG-VOF 50	50	150	107.5	82.5	250.5	52
65	KUG-VOF 65	65	170	125.5	92.5	321.5	65
80	KUG-VOF 80	80	180	137.0	100.0	321.5	66
100	KUG-VOF 1H	100	190	157.0	110.0	381.5	89
125	KUG-VOF 1Z	125	200	179.5	125.0	381.5	100
150	KUG-VOF 1F	150	210	237.0	142.5	700.0	105
200	KUG-VOF 2H	200	400	279.0	170.0	700.0	200

Fuente: www.koboldmessring.com

Para la tubería de 2 de pulgada el diámetro nominal en mm es 50; por lo tanto la tabla anterior indica que para este diámetro la válvula es KUG-VOF 50

Figura N.71 Detalles de la válvula



Fuente: www.koboldmessring.com

e. Válvulas en la entrada de cada mezclador.

Son las encargadas de direccionar el flujo hacia cada uno de los mezcladores, este tipo de válvulas funcionan con diferentes tipos de actuadores, eléctrico, manual, hidráulico y neumático, debido a que su funcionamiento de apertura y cierre es periódico y rápido se selecciona un actuador eléctrico brindando una respuesta rápida y efectiva.

Procedimiento de selección de válvulas

La selección se realiza mediante un método gráfico en donde el parámetro único, es el diámetro nominal de la tubería el cual relaciona la clase o denominación de la válvula; sin embargo se debe tener precaución en la presión y temperatura de funcionamiento debido a que su rango límite es: 400 psi y 120 Celsius.

Cuadro N. 111 Propiedades del fluido y la tubería:

Propiedades	BASES
Presión (psi)	95
Temperatura C	25
Diámetro nominal Pulgadas	1 ¼

Fuente: Autores de proyecto.

Con el tamaño de la tubería y la presión de 200 psi se procede a la selección de la válvula con su respectivo actuador eléctrico.

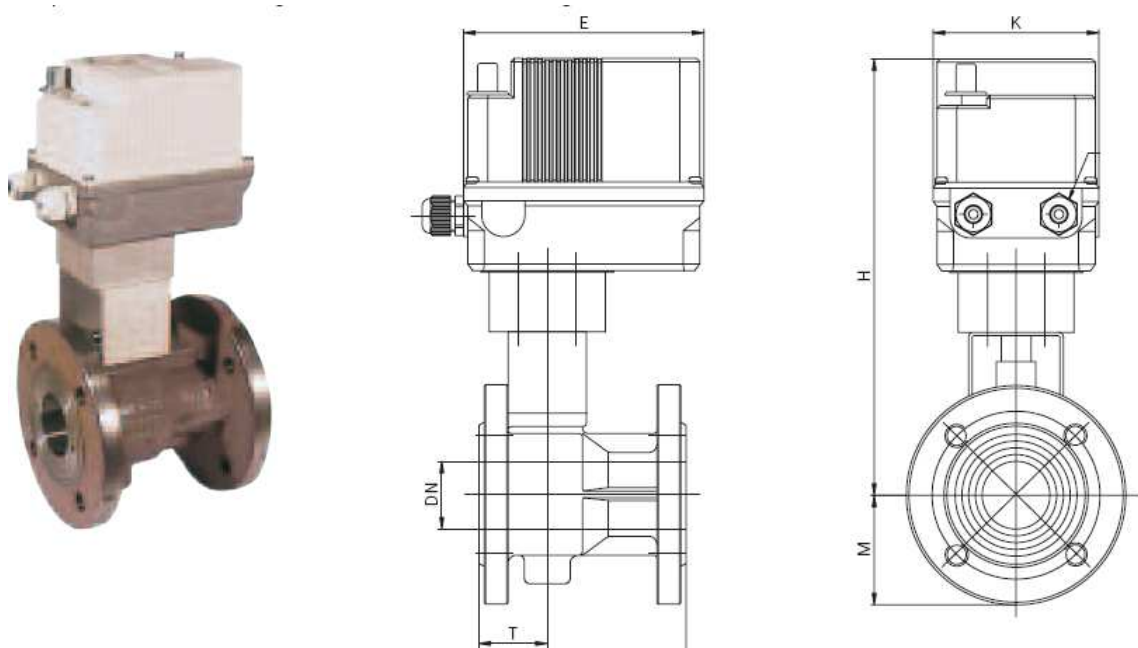
Cuadro N 112 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.

Brida DN	No. de pedido 230 V _{AC}	No. de pedido 24 V _{DC}	M mm	L mm	H mm	K mm	E mm	Peso kg
15	KUE-VKF 150	KUE-VKF 153	45.0	35.0	235	100	145	3.1
20	KUE-VKF 200	KUE-VKF 203	50.0	40.0	240	100	145	4.1
25	KUE-VKF 250	KUE-VKF 253	55.0	46.0	244	100	145	4.8
32	KUE-VKF 320	KUE-VKF 323	64.0	54.0	252	100	145	6.3
40	KUE-VKF 400	KUE-VKF 403	75.0	63.5	277	124	169	7.6
50	KUE-VKF 500	KUE-VKF 503	82.5	82.0	286	124	169	9.1

Fuente: www.koboldmessring.com

Para la tubería de 1 ¼ de pulgada y transporte de aditivos, el diámetro nominal en mm es 15 por lo tanto la tabla anterior indica la válvula es KUE-VKF 150.

Figura N.72 Detalles de la válvula



Fuente: www.koboldmessring.com

f. Válvulas en la entrada a los tanques de almacenamiento de bases.

Son las encargadas de direccionar el flujo hacia cada uno de los tanques de almacenamiento de bases, este tipo de válvulas funcionan con actuador manual, debido a que su funcionamiento de apertura y cierre no es periódico, y no es necesario un sistema auxiliar de apertura para vencer la presión en la tubería.

Procedimiento de selección de válvulas

La selección se realiza mediante un método gráfico en donde el parámetro único, es el diámetro nominal de la tubería el cual relaciona la clase o denominación de la válvula; sin embargo se debe tener precaución en la presión y temperatura de funcionamiento debido a que su rango límite es: 400 psi y 120 Celsius.

Cuadro N 113 Propiedades del fluido y la tubería:

Propiedades	ADITIVOS
Presión (psi)	106
Temperatura C	25
Diámetro nominal Pulgadas	2 1/2

Fuente: Autores de proyecto.

Con el tamaño de la tubería y la presión de 106 psi se procede a la selección de la válvula.

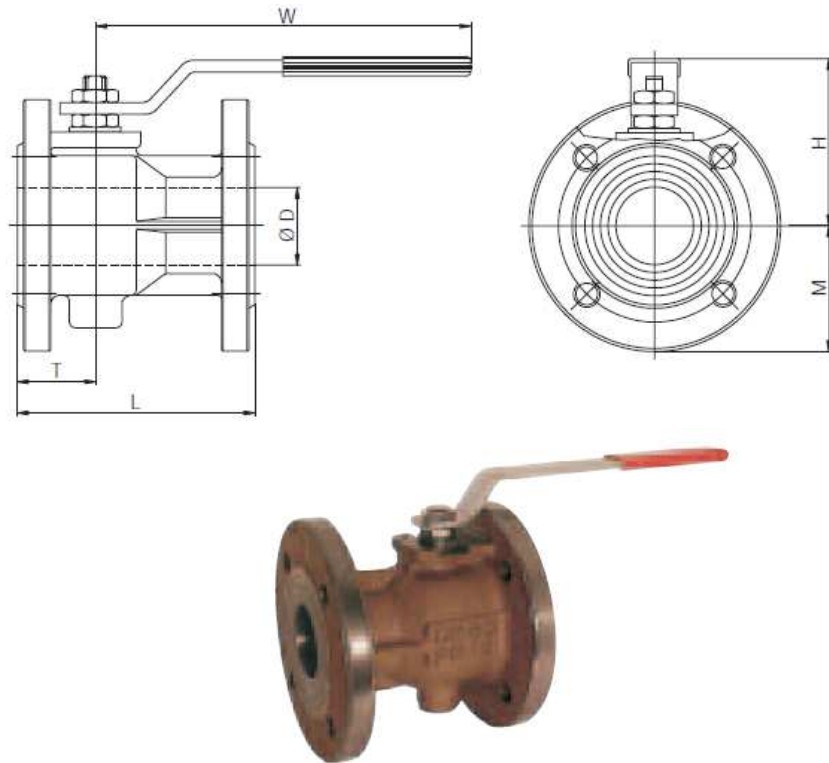
Cuadro N 114 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.

Brida DN	Pedido no.	D mm	L mm	H mm	M mm	W mm	T mm
25	KUG-VOF 25	25	125	78.0	57.5	174.5	42
32	KUG-VOF 32	32	130	85.0	70.0	174.5	47
40	KUG-VOF 40	40	140	101.5	75.0	250.5	49
50	KUG-VOF 50	50	150	107.5	82.5	250.5	52
65	KUG-VOF 65	65	170	125.5	92.5	321.5	65
80	KUG-VOF 80	80	180	137.0	100.0	321.5	66
100	KUG-VOF 1H	100	190	157.0	110.0	381.5	89
125	KUG-VOF 1Z	125	200	179.5	125.0	381.5	100
150	KUG-VOF 1F	150	210	237.0	142.5	700.0	105
200	KUG-VOF 2H	200	400	279.0	170.0	700.0	200

Fuente: www.koboldmessring.com

Para la tubería de 2½ de pulgada y transporte de aditivos, el diámetro nominal en mm es 65 por lo tanto la tabla anterior indica la válvula es KUG-VOF 65.

Figura N.73 Detalles de la válvula



Fuente: www.koboldmessring.com

4.5.1.3 SELECCIÓN DE VÁLVULAS MEZCLADOR. La tubería de transporte de los aceites desde los mezcladores, hacia los envasadores consta de dos secciones:

- Una sección de succión antes de la bomba de desplazamiento viking.
- Una sección de descarga después de la bomba desplazamiento viking.

Las cuales poseen las siguientes válvulas y se clasifican así:

Cuadro N.115 Especificaciones de válvulas con su respectiva ubicación.

Tubería	Diámetro (pulgadas)	Presión (psi)	Temperatura Celsius	Ubicación válvula	Tipo de válvula	Tipo de actuador	Cantidad de válvulas
Succión	1 ¼	2	40	Salida mezclador	2 vías	Eléctrico	3
Descarga	¾	88	40	Entrada al mezclador	2 vías	Eléctrico	2

Fuente: Autores de proyecto.

g. Válvulas ubicadas en la salida de cada mezclador.

Son las encargadas de permitir el flujo desde los mezcladores hacia la bomba de desplazamiento positivo, este tipo de válvulas funcionan con diferentes de actuadores, eléctrico, debido a que su funcionamiento de apertura y cierre es periódico y rápido; su programación se realiza desde un PLC, para su control.

Procedimiento de selección de válvulas

- **VÁLVULA 2 VÍAS**

La selección se realiza mediante un método gráfico en donde el parámetro único, es el diámetro nominal de la tubería el cual relaciona la clase o denominación de la válvula; sin embargo se debe tener precaución en la presión y temperatura de funcionamiento debido al rango que el fabricante limita es: 400 psi y 120 Celsius.

Cuadro N.116 Propiedades del fluido y la tubería:

Propiedades	ADITIVOS
Presión (psi)	2
Temperatura C	40
Diámetro nominal Pulgadas	1 ¼

Fuente: Autores de proyecto.

Con el tamaño de la tubería 1 ¼ pulgada y la presión de 3.7 psi se procede a la selección de la válvula con su respectivo actuador eléctrico.

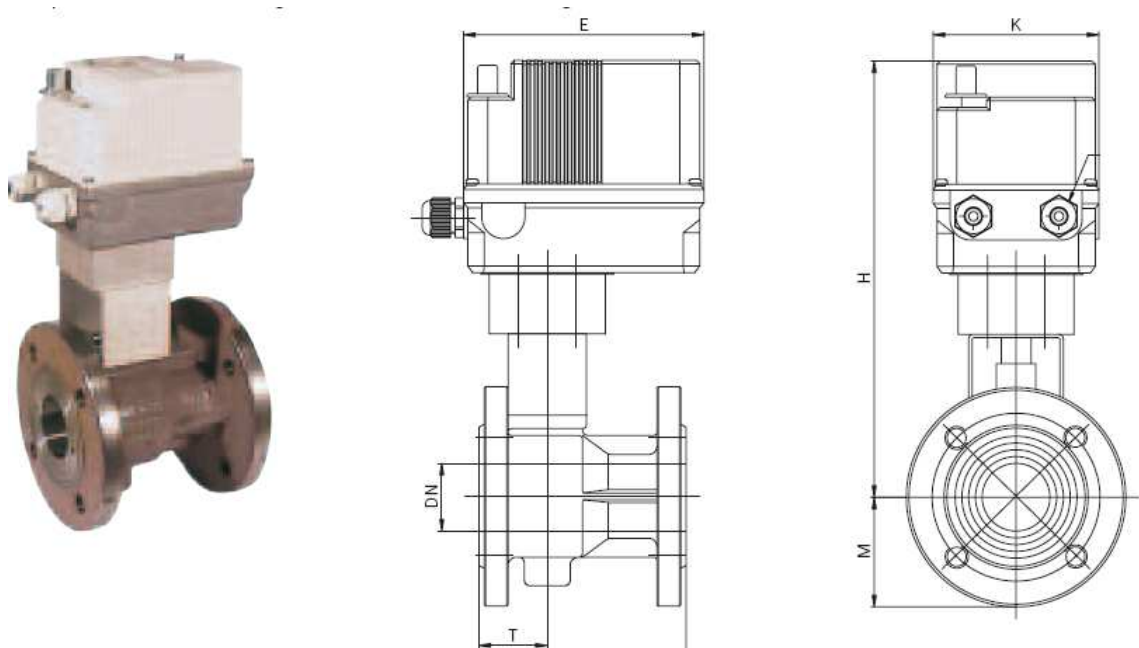
Cuadro N 117 Diámetro nominal y dimensiones de la válvula.

Brida DN	No. de pedido 230 V _{AC}	No. de pedido 24 V _{DC}	M mm	L mm	H mm	K mm	E mm	Peso kg
15	KUE-VKF 150	KUE-VKF 153	45.0	35.0	235	100	145	3.1
20	KUE-VKF 200	KUE-VKF 203	50.0	40.0	240	100	145	4.1
25	KUE-VKF 250	KUE-VKF 253	55.0	46.0	244	100	145	4.8
32	KUE-VKF 320	KUE-VKF 323	64.0	54.0	252	100	145	6.3
40	KUE-VKF 400	KUE-VKF 403	75.0	63.5	277	124	169	7.6
50	KUE-VKF 500	KUE-VKF 503	82.5	82.0	286	124	169	9.1

Fuente: www.koboldmessring.com

Para la tubería de 1 ¼ pulgada el diámetro nominal en mm es 32; por lo tanto la tabla anterior indica que para este diámetro la válvula es KUE-VKF320

Figura N. 74 Detalles de la válvula



Fuente: www.koboldmessring.com

4.5.1.4 SELECCIÓN DEL ACTUADOR. El actuador eléctrico está especialmente diseñado para operar este tipo de válvulas, el diseño es compacto.

La válvula de este tipo es adherida al extremo del actuador de un reductor de velocidad, que se maneja por un motor eléctrico conectado en serie. Dos interruptores de límite estándar y el indicador de posición producen retroalimentación eléctrica y visual.

La válvula puede reiniciarse manualmente usando la operación manual de emergencia.

El actuador, adaptador y la válvula encajan perfectamente y son alimentados como una unidad completa para el funcionamiento sin fallas.

Cuadro N 118 Detalles técnicos²⁹

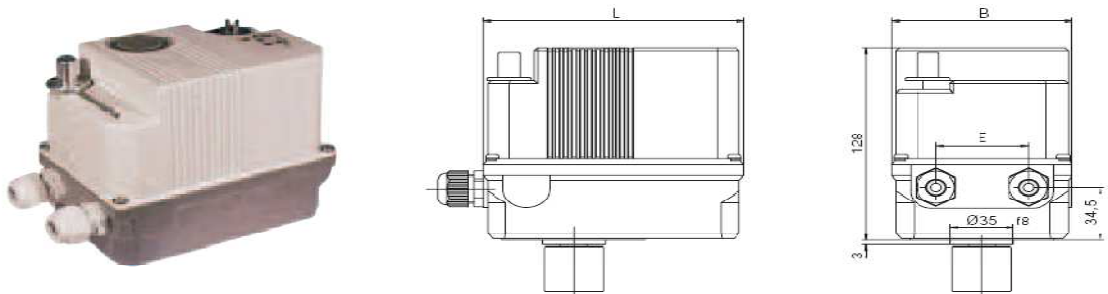
c	Rango temperatura °C	Potencia VA	Torque N-m
230	-15 a 60	6-15	20-40

Protección: protección contra sobrecarga

Ajuste de paradas terminales: dos interruptores de límite en la posición final, levas de conmutación ajustable.

Equipo estándar: dos interruptores del límite adicionales, indicador de posición óptico, operación manual de emergencia.

Figura N. 75 Dimensiones del actuador eléctrico.



<http://www.koboldmessring.com>

²⁹ Tomado de http://www.koboldmessring.com/fileadmin/koboldfiles/pdf/es/z1es_kue.pdf

4.5.2 ACCESORIOS. Igualmente el tipo de accesorios seleccionados son de marca METACOL para no interferir con distintos tipos de fabricantes:

Los distintos tipos de accesorios se mencionan a continuación:

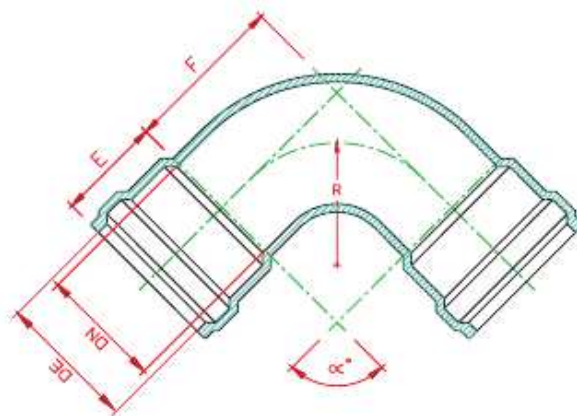
- Codos.
- Tees.
- Uniones.
- Filtros

Los distintos tipos de accesorios son para tuberías de 2 y 6 pulgadas de diámetro nominal.

Selección de Codos.

La selección se realiza haciendo uso de los catálogos disponibles por la empresa Metacol.

Figura N. 76 Detalles geométricos del codo junta hidráulica.



Fuente. www.metacolcolombia.com

Por facilidad en el ensamble y mayor economía los codos serán acoplados mediante junta hidráulica y no mediante la utilización de bridas.

Mantenimiento.

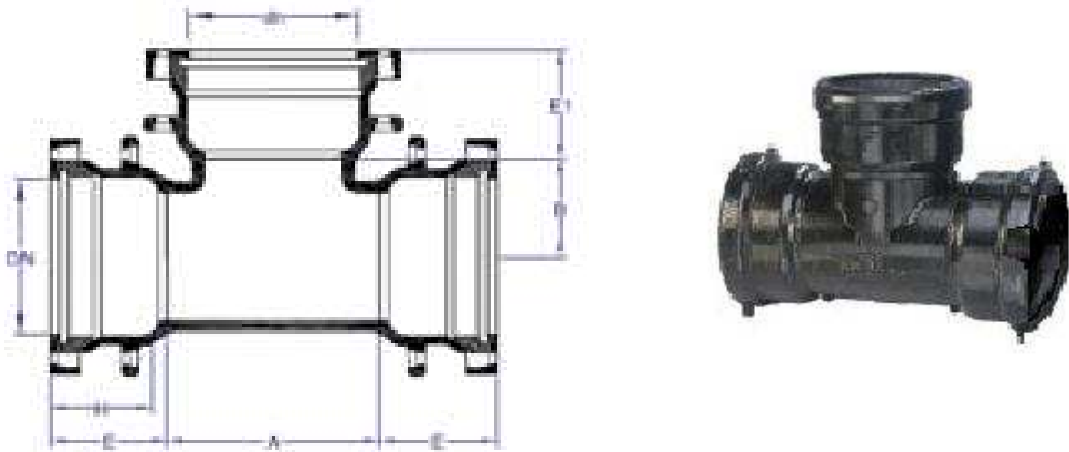
En caso de requerir mantenimiento de las superficies de los accesorios se debe realizar una limpieza preliminar para proceder a pintar o recubrir con pintura

igual al recubrimiento original: Ya sea epóxica de altos sólidos o pintura bituminosa asfáltica.

.Selección de Tees.

Las tees seleccionadas son acopladas al igual que los codos con junta hidráulica para permitir fácil ensamblaje entre las distintas partes de las tuberías que transportan los fluidos tanto desde el camión tanque hacia los tanques, como de estos hacia la mezcladora y hacia la envasadora.

Figura N. 77 Detalles de las diferentes dimensiones.



Fuente. www.ava.com.co

4.6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONTROL PARA LOS TANQUES DE MEZCLADO Y ADITIVOS.

Otro factor en fabricación de aceites lubricantes es el óptimo funcionamiento en la apertura y cierre de válvulas, encendido y apagado de los motores, seguridad de los equipos y principalmente el personal de trabajo.

Para los requerimientos de control y seguridad se hace necesario la utilización de control lógico programable (PLC) con el objeto de ejecutar las siguientes etapas del proceso.

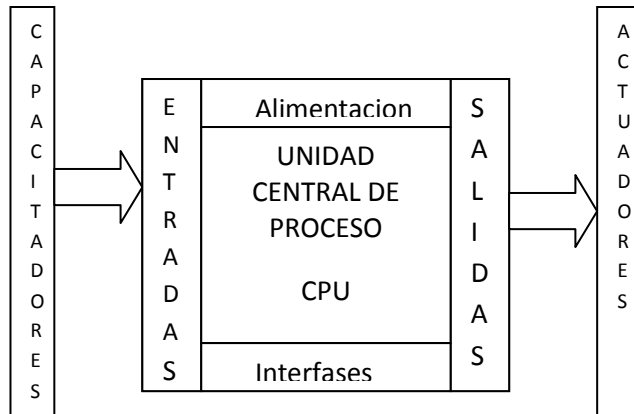
- Dar apertura y cierre a las válvulas de descarga de cada tanque de aditivos,
- Dar apertura y cierre a las válvulas de entrada de bases, aditivos, y vapor hacia los tanques de mezclado.
- Encender y apagar los motores de cada tanque de mezclado en su momento indicado.
- Controlar los niveles de llenado de los tanques de almacenamiento y mezclado,
- Detener el proceso si existe una anomalía de operación en el mismo.

La utilización de un PLC en este caso proporciona beneficios a la hora de fabricar diversidad de aceites debido a la posibilidad de almacenar y modificar programas, en los cuales está configurado que válvulas se deben abrir y cerrar para mezclar los aditivos correspondientes a cada referencia de lubricante.

4.6.1 ESTRUCTURA DE UN PLC. Está conformado por la caja negra que consiste en un equipo electrónico complejo montado en tarjetas específicas que controlan áreas o bloques, realizando distintas funciones que al unirse convenientemente da como resultado el autómata.

- Estructura Externa. Se refiere al aspecto físico exterior del autómata las cuales en el mercado se presentan de la siguiente forma.
Compacta: Es aquella que presenta en un solo bloques es decir fuentes de alimentación, CPU, memoria.
Modular: Presenta sus elementos en módulos o partes que realizan las funciones específicas.
- Estructura Interna. Se compone de los siguientes elementos como lo indica la siguiente figura.

Figura N, 78 Estructura del PLC



Fuente: Autores del proyecto.

Las entradas y salidas son fácilmente identificadas por el autómata, en cuanto a la tensión las entradas pueden ser, libres de tensión, a corriente continua, a corriente alterna y en cuanto al tipo de señal pueden ser analógicas o digitales; Las señales de salida pueden ser de tres tipos: a relé, a triac, a transistor.

Tamaño del PLC.

La clasificación de los PLC está en función de las entradas y salidas de acuerdo a las siguientes parámetros.

- Gama baja: Hasta un máximo 128 entradas y salidas.
- Gama media: de 128 entradas y 512 salidas.
- Gama alta: más de 512 entradas y salidas.

4.6.2 SELECCIÓN DEL PLC.

Para la selección del PLC básicamente se realizó mediante el siguiente procedimiento.

1. Identifica los actuadores a controlar, tiempos de funcionamiento en la fase de mezclado y descarga de los aditivos y posteriormente realizar el plano simulando el control.

2. Identificar las variables de entrada y salida necesarias para el control de cada fase.

3. Realizar el plano del control o configuración de programación del plc

4.6.2.1 DESARROLLO DE LA SELECCIÓN DEL PLC

1. Para el cálculo de los tiempos de funcionamiento en la fase de mezcla se parte de tiempo de mezclado, llenado y descarga de los tanques de mezcla como lo indica el siguiente cuadro.

Cuadro N.119 Descripción de tiempo y proceso a controla en la fase de mezcla

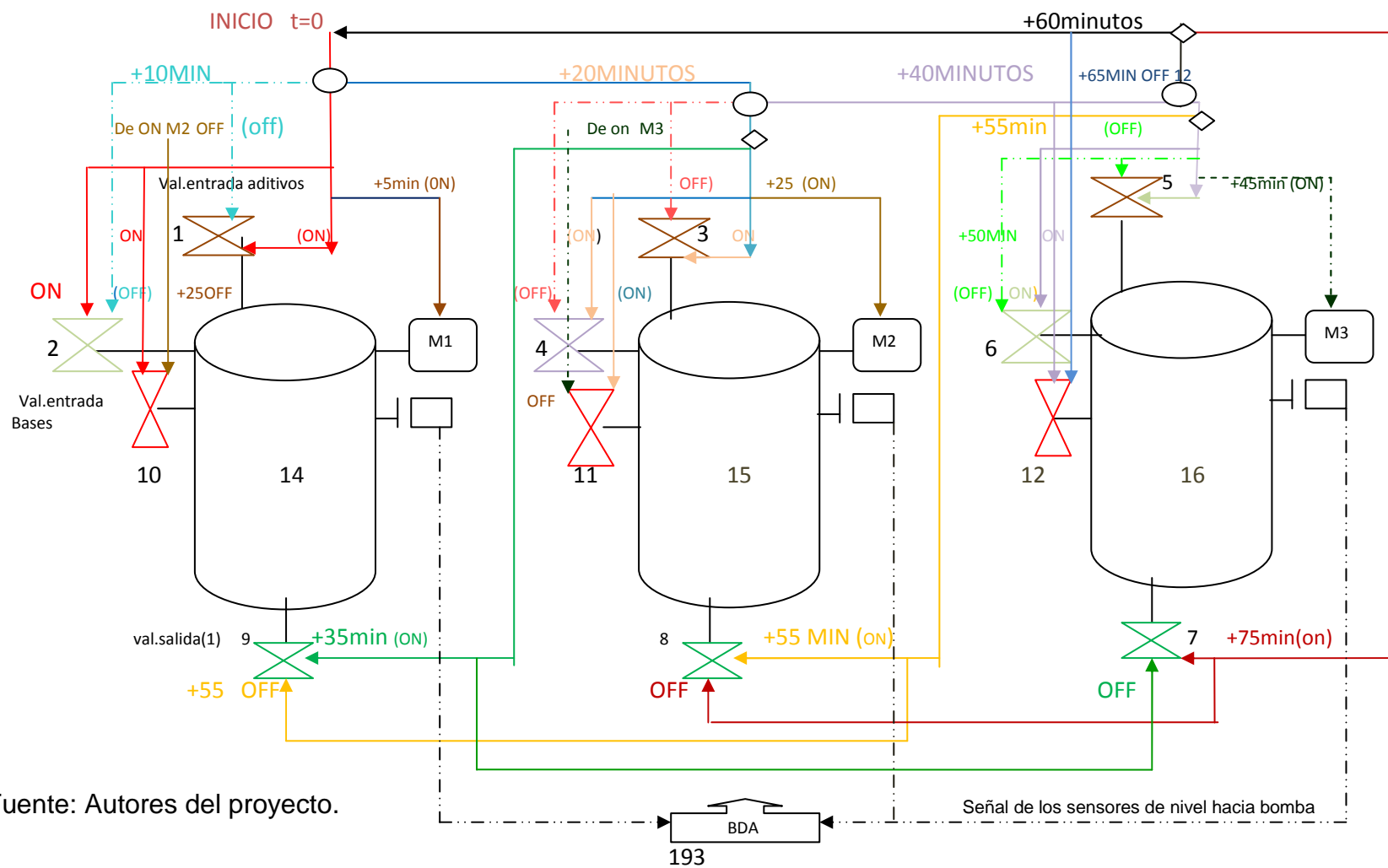
Descripción del proceso	Tiempo de proceso
Llenado de tanque	10 minutos
mezclado	25 minutos
Descarga de tanque	10 minutos.

Fuente: Autores del proyecto.

El proceso de mezclado consta de tres tanques de almacenamiento, cada tanque requiere de un motor eléctrico que enciende 25 minutos de los 45 minutos que dura el proceso. 4 válvulas con actuador eléctrico las cuales dos se utilizan para la entrada de los fluidos que corresponden a bases y aditivos, una para la entrada de vapor hacia el serpentín y la cuarta válvula corresponde a la de salida del producto mezclado.






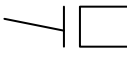

La fase de control que consiste en activar el motor de cada tanque, igualmente dar apertura y cierre de las válvulas necesarias por cada tanque de mezclado en diferentes tiempos se realiza mediante 7 señales enviadas como presenta la siguiente figura y cuadro.

Figura N. 79 Descripción del proceso de control en los tanques de mezclado



Fuente: Autores del proyecto.





Cuadro N.120 Descripción de los equipos a controlar y tiempos de funcionamiento en los tanques de mezcla, referente a la figura anterior.

SIMBOLO Y NUMERACION	DESCRPCIÓN	TIEMPO DE ACTICACION
 (1, 3, Y 5)	Válvulas de entrada de aditivos hacia los tanques de mezcla	Cada válvula tiene un tiempo de apertura de 10 minutos con un desfase respectivo de 20 minutos.
 (2, 4 y 6)	Válvulas de entrada de bases hacia los tanques de mezcla.	Cada válvula tiene un tiempo de apertura de 10 minutos con un desfase respectivo de 20 minutos.
 (10, 11, y 12)	Válvulas de entrada de vapor al serpentín	Cada válvula tiene un tiempo de apertura de 25 minutos con un desfase respectivo de 20 minutos.
 (7, 8 y 9)	Válvulas de descarga de los tanques de mezclado	Cada válvula tiene un tiempo de apertura de 10 minutos con un desfase respectivo de 20 minutos.
	Motores de cada uno de los tanques de mezcla.	Funcionamiento durante 25 minutos con un desfase entre ellos de 20 min
	Sensores de nivel de los tanques de mezcla	Funcionamiento en estado de emergencia
	Bomba descarga de aditivos	Funcionamiento en los tiempos de llenado de los tanques de mezcla.

Fuente: Autores del proyecto

Conocidos los actuadores y el tiempo de funcionamiento de cada uno de ellos, se describe las características de cada señal de acuerdo a la figura N.

Cuadro N.121 Descripción de cada señal de control en la zona de mezclado.

CARACTERISTICA DE LA SEÑAL	DESCRIPCION DE VALVULAS DE ACTIVAR O DESACTIVAR	TIEMPO DE ACTIVACION.
<p>1</p> 	<p>Señal de inicio encargada dar de apertura (on) a las válvulas 1, 2 y 10(1y2 válvulas entrada de fluidos, 10 entrada de vapor tanque 14)Y encender bomba aditivos</p>	<p>INICIAL t=0</p>
<p>2</p> 	<p>Señal encargada de encender el motor M1</p>	<p>5 minutos de desfase con respecto a la inicial</p>
<p>3</p> 	<p>Señal encargada de cerrar las válvulas 1 y 2, y apagar la bomba de aditivos(deja de llenar tanque 14)</p>	<p>10 minutos de desfase con respecto a la inicial</p>
<p>4</p> 	<p>Señal encargada de dar de apertura (on) a las válvulas 3, 4 y 11(3y4 válvulas entrada de fluidos, 11 entrada de vapor tanque 14)</p>	<p>20 minutos de desfase con respecto a la inicial</p>

<p style="text-align: center;">5 →</p>	<p>Señal encargada de encender el motor M2 y Cerrar la válvula 10(entrada de vapor del tanque 14)</p>	<p>25 minutos de desfase con respecto a la inicial</p>
<p style="text-align: center;">6 - - - - - →</p>	<p>Señal encargada de cerrar las válvulas 3 y 4, y apagar la bomba de aditivos(deja de llenar tanque 15)</p>	<p>30 minutos de desfase con respecto a la inicial.</p>
<p style="text-align: center;">7 →</p>	<p>Señal encargada de dar apertura (on) a la válvula 9 (válvula descarga tanque A) y dar cierre a la válvula 7 (válvula de descarga tanque 16),</p>	<p>35 minutos de desfase con respecto a la inicial.</p>
<p style="text-align: center;">8 →</p>	<p>Señal encargada de dar apertura a las válvulas 5 , 6 (entrada de fluidos)y 12(Entrada de vapor tanque 16),</p>	<p>40 minutos de desfase con respecto a la inicial.</p>
<p style="text-align: center;">9 →</p>	<p>Señal encargada de encender el motor M3 y Cerrar la válvula 11(Entrada de vapor tanque 15)</p>	<p>45 minutos de desfase con respecto a la inicial</p>
<p style="text-align: center;">10 - - - - - →</p>	<p>Señal encargada de cerrar las válvulas 5 y 6, y apagar la bomba de aditivos(deja de llenar tanque 16)</p>	<p>50 minutos de desfase con respecto a la inicial</p>
<p style="text-align: center;">11 →</p>	<p>señal encargada de dar apertura a las válvulas 8(válvulas de descarga del tanque 15) además de dar cierre a las válvulas 5 , 6 , 9,12 y apagar el motor M2</p>	<p>55 minutos de desfase con respecto a la inicial.</p>
<p style="text-align: center;">12 →</p>	<p>Señal encargada de cerrar la válvula de vapor tanque 16</p>	<p>65 minutos de desfase de la inicial</p>

Cuadro N.122 descripción general de los autómatas compactos.

Funciones	Bases de 10 E/S: TWDLCAA10DRF TWDLCAA10DRF	Bases de 16 E/S: TWDLCAA16DRF TWDLCAA16DRF	Bases de 24 E/S: TWDLCAA24DRF TWDLCAA24DRF	Bases de 40 E/S: TWDLCAA40DRF TWDLCAA40DRF TWDLCAA40DRF TWDLCAA40DRF
Entradas	6 entradas binarias	9 entradas binarias	14 entradas binarias	24 entradas binarias
Salidas	4 salidas de relé	7 salidas de relé	10 salidas de relé	14 salidas de relé y 2 salidas de transistor
Potenciómetros analógicos	1	1	2	2
Puerto serie integrado	√	√	√	√
Puerto serie adicional	No	un slot disponible	un slot disponible	un slot disponible
Cartucho RTC (opcional)	√	√	√	RTC integrado
Cartucho de memoria (opcional)	32 KB	32 KB	32 KB	32 ó 64 KB
Compartimento de la batería	No	No	No	√
Módulos de E/S de ampliación	No	No	Hasta cuatro módulos	Hasta siete módulos
Módulos del bus AS-I V2	No	No	Hasta dos módulos	Hasta dos módulos
Módulo del bus de campo CANopen	No	No	√	√
Módulo de visualización del operador (opcional)	√	√	√	√
Interfase Ethernet	1 módulo ConneXium TwidoPort	1 módulo ConneXium TwidoPort	1 módulo ConneXium TwidoPort	Para TWDLCAA40DRF: 1 módulo ConneXium TwidoPort Para TWDLCAA40DRF: 1 puerto RJ45 integrado

Fuente: www.schneider-electric.fr

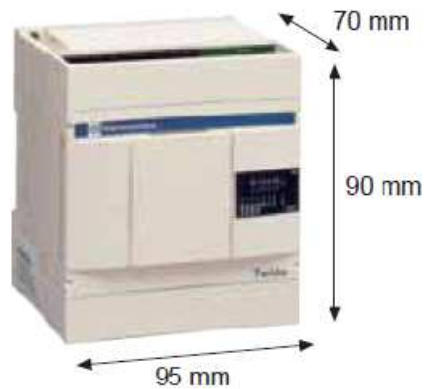
De acuerdo al anterior cuadro la referencia del PLC que cumple con las salidas de salida es una base compacta de referencia TWDLCAA40DRF y su descripción y detalles se presentan en el siguiente cuadro y figura respectivamente.

Cuadro N.123 Descripción del PLC seleccionado

REFERENCIA PLC	Nº ENTRADAS	Nº SALIDAS
TWDLCAA40DRF	24	16, 14 a relé y dos a transistor

Fuente: www.schneider-electric.fr

Figura N.81 Detalles del PLC seleccionado.



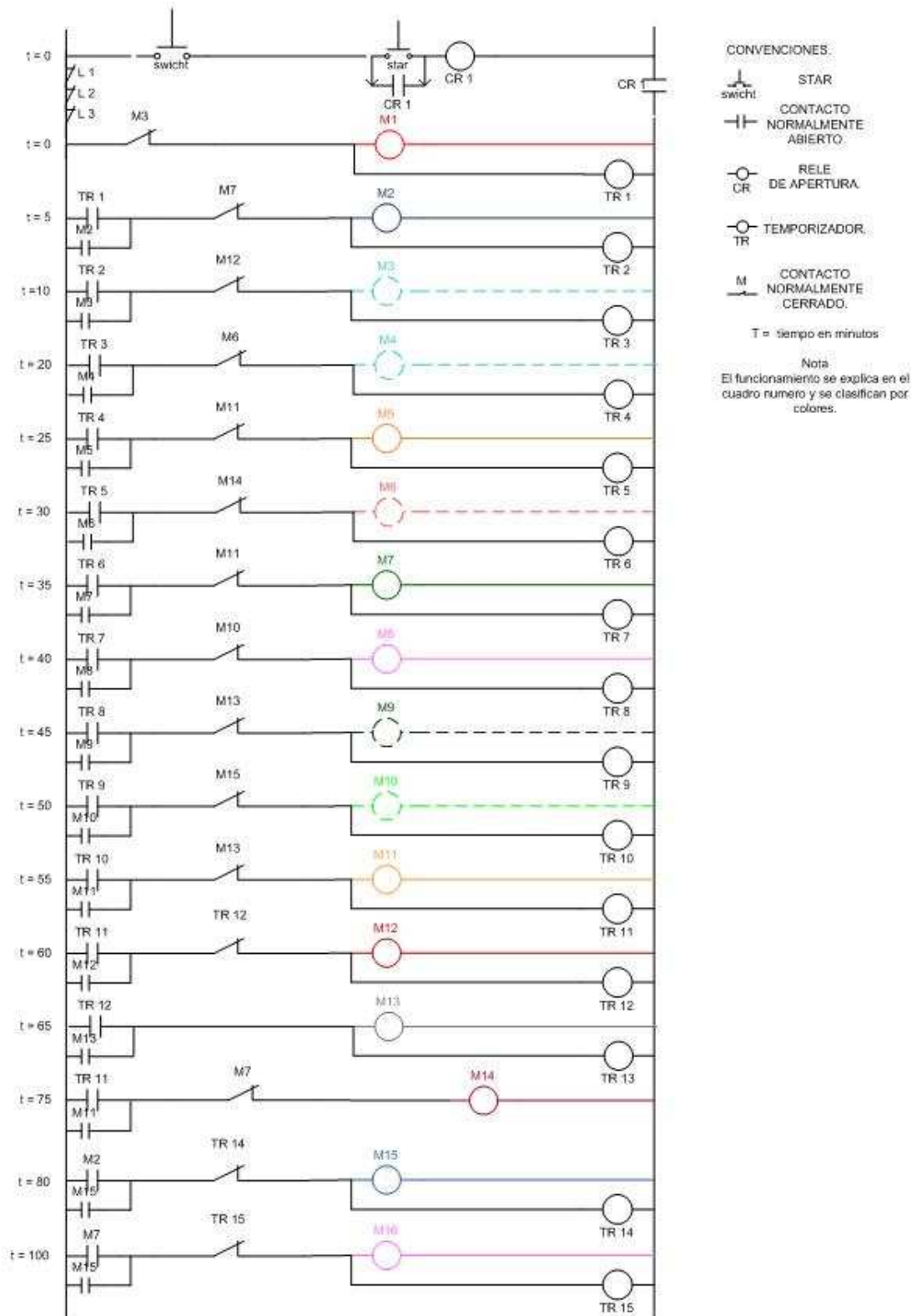
Fuente: www.schneider-electric.fr

Cuadro N. 124 Características del PLC seleccionado.

PARAMETRO	DESCRPCIÓN
Temperatura ambiente de funcionamiento	0 a 55°C al 75 % de la carga 0 a 45°C con la carga completa
Temperatura de almacenamiento	De -25 °C a +70 °C
Humedad relativa	Del 30 al 95 % (no condensante)
Inmunidad a la corrosión	Libre de gases corrosivos
Altitud	Funcionamiento: de 0 a 2.000 m Transporte: de 0 a 3.000 m
Peso	522grs

Fuente: www.schneider-electric.fr

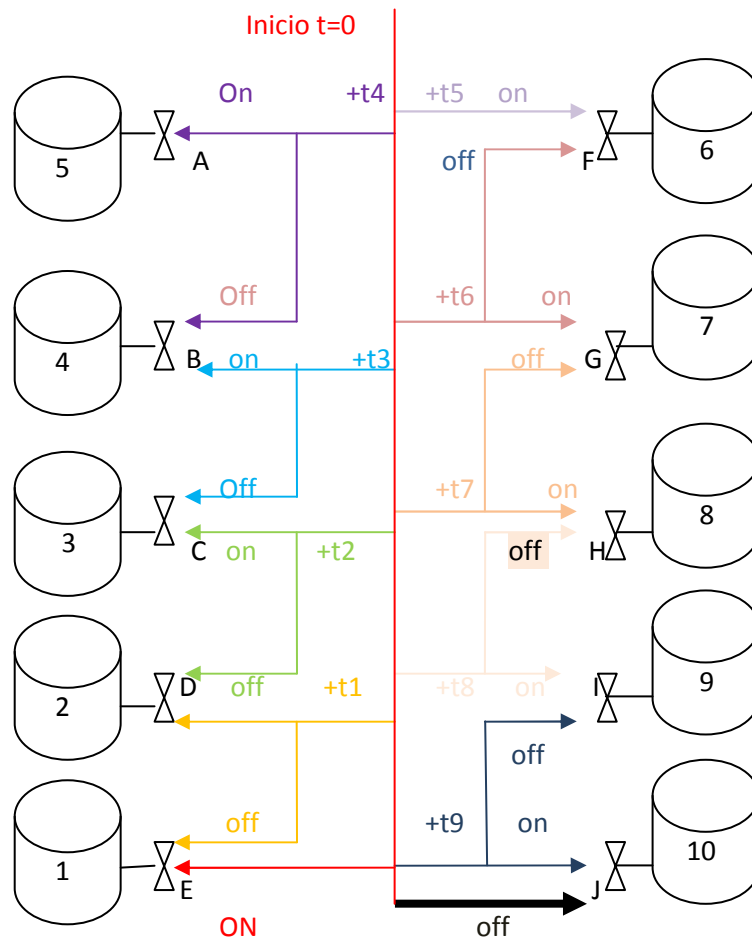
Figura N. 82 Lógica cableada para el proceso de mezcla.



Fuente: Autores del proyecto.

En la fase de descarga de los aditivos el tiempo de apertura y cierre de válvulas es la variable que se modifica en el programa del PLC de acuerdo a la cantidad de cada aditivo necesaria para una determinada referencia de lubricante, es decir a cada cantidad de un determinado aditivo corresponde un tiempo establecido de descarga, relacionado con el flujo de la bomba el cual corresponde a 2GPM.







Figura N.83 Descripción del control en la descarga de los aditivos.








Fuente: Autores del proyecto.

Para la producción de aceite para motor, hidráulico y para transmisiones, cada referencia tiene un conjunto de tanques y válvulas a utilizar de acuerdo a que aditivo es necesario como lo muestra el cuadro N.1; para saber que tanques y válvulas utilizar se realiza la siguiente descripción.

Cuadro N 125 Descripción de los elementos y control de descarga de los aditivos.

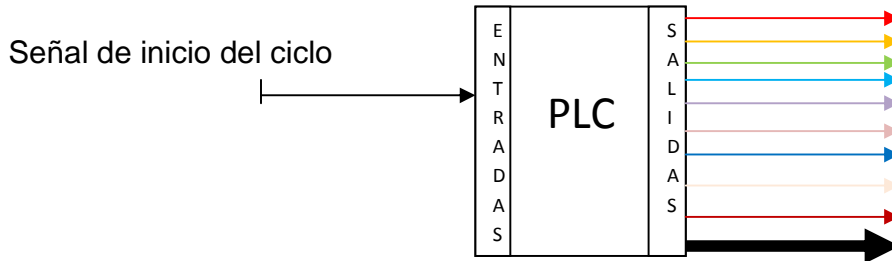
COMPONENTE	DESCRPCIÓN COMPONENTE	SEÑAL	DESCRPCIÓN DE LA SEÑAL
1	Tanque de almacenamiento del aditivo, detergente con su respectiva válvula E	 m1	Señal de inicio encargada de dar apertura de la válvula E y cierre a la J
2	Tanque de almacenamiento del aditivo, Dispersante con su respectiva válvula D		Señal encargada de dar apertura de la válvula D y cierre a la E
3	Tanque de almacenamiento del aditivo, Antioxidante con su respectiva válvula C		Señal encargada de dar apertura de la válvula C y cierre a la D
4	Tanque de almacenamiento del aditivo, Antidesgaste con su respectiva válvula B		Señal encargada de dar apertura de la válvula B y cierre a la C
5	Tanque de almacenamiento del aditivo, Antiherrumbe con su respectiva válvula A		Señal encargada de dar apertura de la válvula A y cierre a la B
6	Tanque de almacenamiento del aditivo, Inhibidor de corrosión con su respectiva válvula F		Señal encargada de dar apertura de la válvula F

7	Tanque de almacenamiento del aditivo, antiespumante con su respectiva válvula G		Señal encargada de dar apertura de la válvula G y cierre a F
8	Tanque de almacenamiento del aditivo, mejorador de viscosidad con su respectiva válvula H		Señal encargada de dar apertura de la válvula H y cierre a G
9	Tanque de almacenamiento del aditivo, modificador de fricción con su respectiva válvula I		Señal encargada de dar apertura de la válvula I y cierre a H
10	Tanque de almacenamiento del aditivo, de extrema presión con su respectiva válvula J		Señal encargada de dar apertura de la válvula J y cierre a I
			Ultima señal del ciclo encargada de cerrar la válvula J

Fuente: Autores del proyecto.

Conociendo que tipo de actuador se tiene que controlar identificamos las señales de entrada y salida, para posteriormente seleccionar el PLC necesario y realizar la lógica cableada de cada clase de aceite a producir.

Figura N. 84 Señales de entrada y salida del proceso de mezcla.



Conocidas las señales de entrada y salida expuestas en la anterior figura las cuales son: 1 señal de entrada y 11 de salida se procede a seleccionar el PLC que cumpla con dichos requerimientos. De acuerdo al cuadro N. se observa que para el control en la fase de descarga de aditivos es necesaria una base compacta de igual referencia a la fase de mezclado.

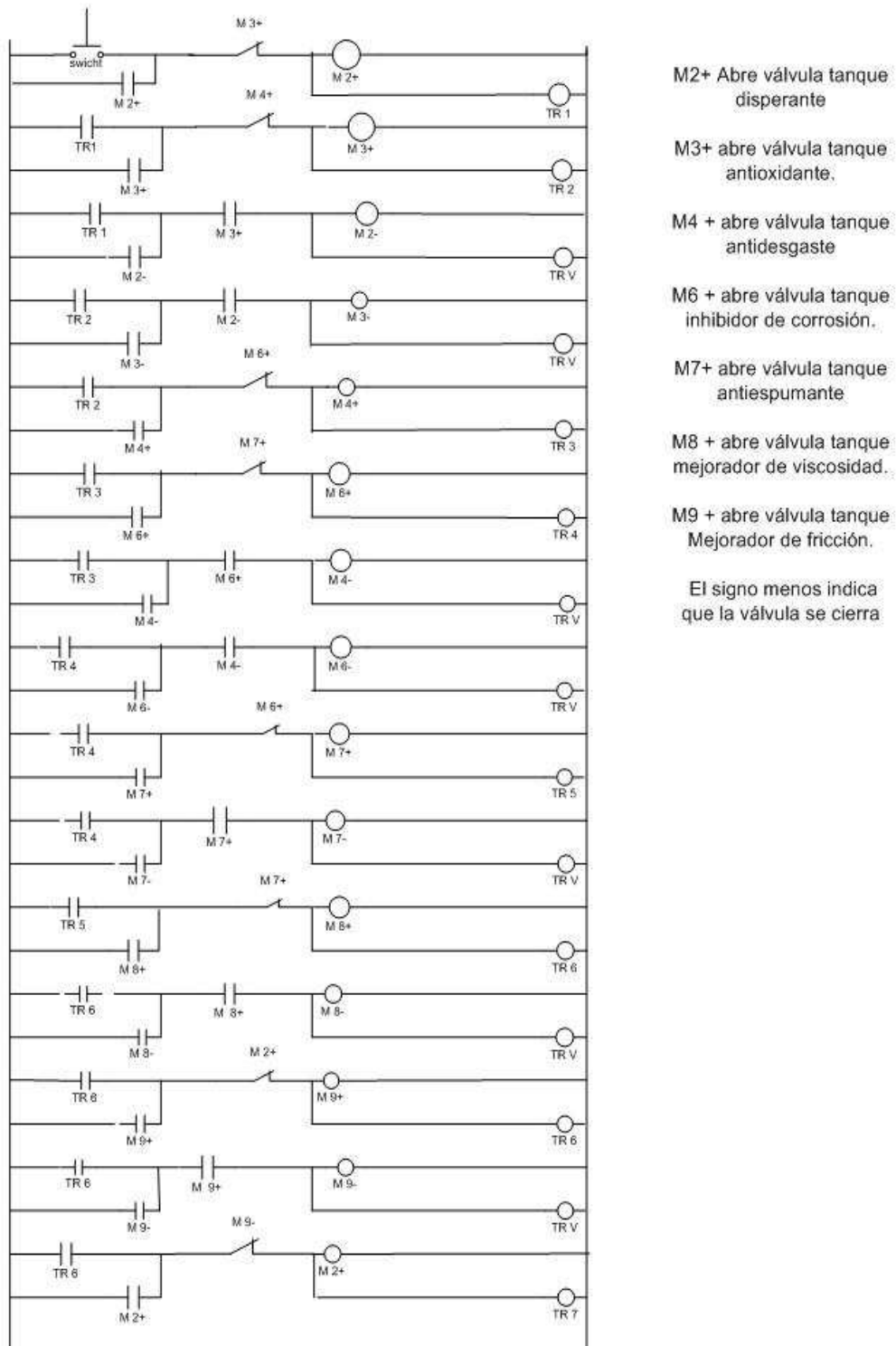
Al realizar la lógica cableada del PLC de la fase de descarga de aditivos se realizan tres planos de acuerdo a la clase de lubricante a producir, ya sea para motor, hidráulico o para transmisión, en donde la diferencia consiste en la apertura o cierre de válvulas de acuerdo a los aditivos necesarios para cada Clase de lubricante.

Figura N. 85 Lógica cableada para producir aceite para motor



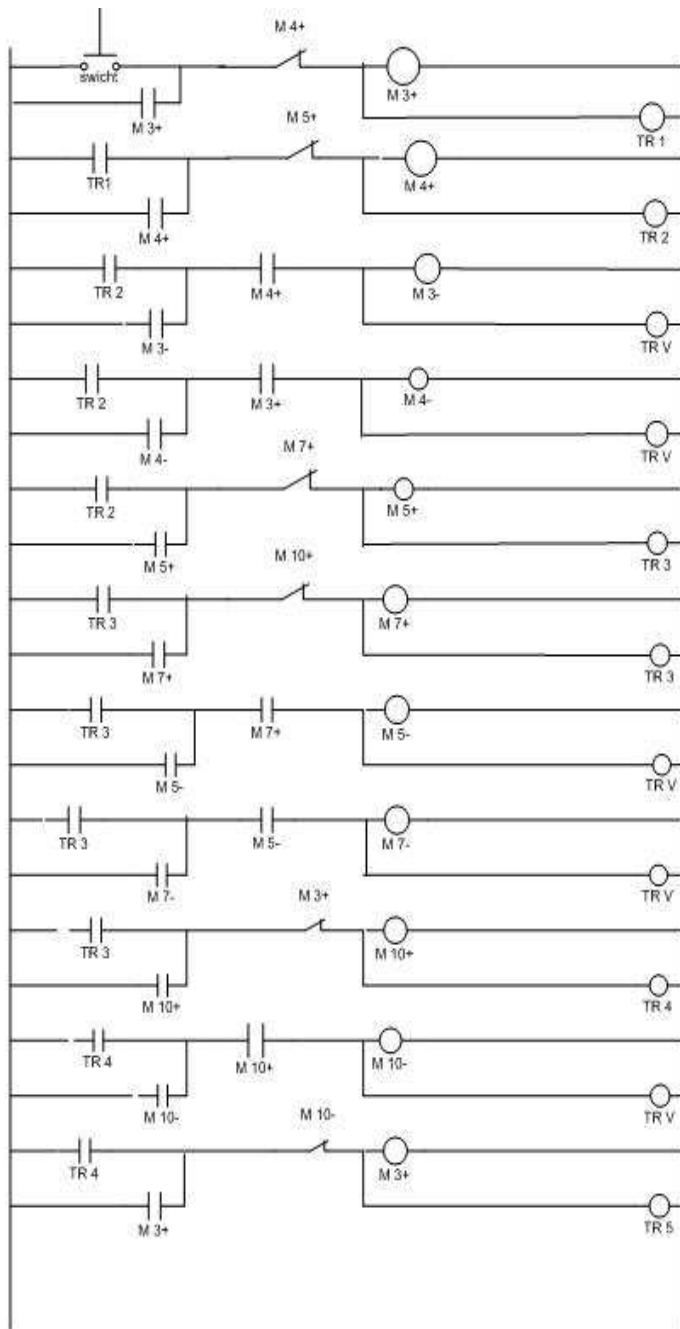
Fuente: Autores del proyecto.

Figura N. 86 Lógica cableada para producir aceite para transmisiones.



Fuente: Autores del proyecto.

Figura N.87 Lógica cableada para producir aceite hidráulico.



- M3+ abre válvula tanque antioxidante.
- M4+ abre válvula tanque antidesgaste.
- M5+ abre válvula tanque antiherrumbe.
- M7+ abre válvula tanque antiespumante.
- M10+ abre válvula tanque de extrema presión.
- el signo menos indica que se cierra la respectiva válvula correspondiente al tanque

Fuente: Autores del proyecto

4.7 SELECCIÓN SENSORES DE NIVEL.

Existen distintos tipos de sensores de nivel entre ellos tenemos.

- Flotador
- Electrodo
- Ultrasonido
- Radiofrecuencia
- Presión
- Capacitivo
- Paleta rotativa
- By Pass.

Para la selección del sensor es preciso tener en cuenta, cada uno de los parámetros como son: tipo de fluido, temperatura, ubicación en el equipo y costo económico del mismo.

Los sensores de nivel se ubican en:

- Tanques de Almacenamiento de Bases
- Tanques de Almacenamiento de Aditivos
- Mezcladores.

En los tanques de almacenamiento de la materia prima los niveles más importantes a medir son el máximo y el mínimo, la importancia radica en la frecuencia de monitoreo de cada uno de ellos.

Cuadro N 126 Periodo de medición.

Nivel	Tanque de Bases	Tanque de aditivos	Mezcladores
Nivel Máximo	1 vez al mes	1 vez al mes	8 veces al día
Nivel Mínimo	1 vez al mes	1 vez al mes	8 veces al día

Fuente: Autores de proyecto.

Del cuadro anterior podemos determinar que en el almacenamiento de la materia prima, no es necesaria la utilización de un sensor de alta tecnología; pues su periodo de uso no es muy alto, por lo tanto se selecciona dos sensores:

Cuadro N. 127 Selección de sensores para tanques almacenamiento.

Nivel	Tanque bases	Tanque aditivos
Nivel máximo	Interruptores de Nivel NV	Interruptores de Nivel NV
Nivel mínimo	Interruptores de Nivel NV	Interruptores de Nivel NV

Fuente: Autores de proyecto.

Este sensor es del tipo flotador, se seleccionan del fabricante Kobold por su costo bajo y su fácil operación, que consiste en emitir una señal con el cambio de nivel.

Figura N.88 Sensor de nivel NV



Fuente: www.koboldmessring.com

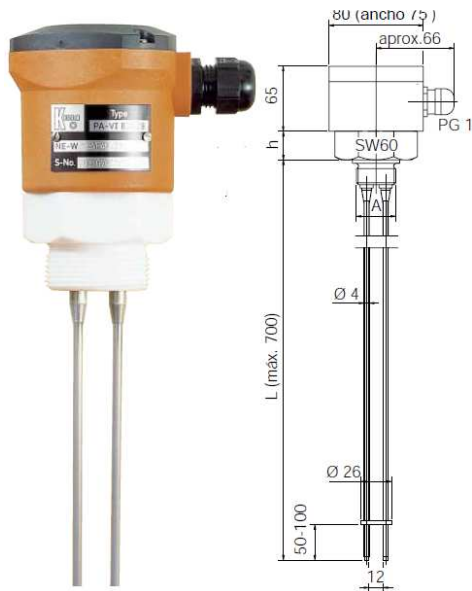
Mientras que para los mezcladores es importante un sensor con un periodo constante de medición y adicionalmente que ocupe un espacio pequeño en el;, debido a que en su interior está un intercambiador de calor, compuesto por un serpentín y adicionalmente una agitador tipo turbina, que reducen el espacio, por lo tanto se escoge un sensor capacitivo que se ubica en la parte superior del mezclador y del cual se desprenden electrodos los cuales miden una corriente a través de ellos si existe presencia de liquido.

Cuadro N. 128 selección de sensor mezclador.

Nivel	Mezclador
Nivel máximo	Interruptores conductivo
Nivel mínimo	Interruptores conductivo

Fuente: Autores de proyecto.

Figura N 89. Detalles sensor Mezclador



Fuente: www.koboldmessring.com

4.8 SELECCIÓN DE LA ENVASADORA.

El envasador es el encargado de dosificar en las cantidades exactas y necesarias las diferentes presentaciones de los aceites.

Se opta por la selección de envasador automático debido a las diferentes ventajas que ofrecen:

- Tiempos pequeños de embase.
- Reducción de costos del proceso.
- Envase en diferentes presentaciones.
- Manipulaciones mínimas por parte del operario.
- Fácil control del proceso.

Cuadro N. 129 Condiciones de producción.

Capacidad de la planta galones/mes	Producción diaria. Galones/día	Volumen Mezclador Galones	Cantidad de presentaciones envasar
100.000	4800	200	10

Fuente: Autores de proyecto.

Cuadro N.130 Propiedades de los fluidos.

Densidad (Kg/m ³)	Viscosidad (Pa-s)	Temperatura C
888	0.58	40

Fuente: Autores de proyecto.

Cuadro N. 131 Presentaciones del envase.

Bidones (5 galones)	Bidón (1 galón)	Botellas (0.5 galón)
480	1200	1900

Fuente: Autores de proyecto.

Para cumplir las condiciones establecidas se opta por dos envasadores automáticos de **Industrias y Maquinaria R&G limitada** los cuales poseen flujo de producción de 5 galones por minuto cada uno.

Estos equipos son seleccionados debido a las ventajas que ofrecen como son:

- Amplio rango de temperatura del producto a llenar desde 5°C hasta 125°C.
- Envase de productos viscosos, corrosivos, inflamables
- Versatilidad en cambio de presentaciones de los aceites.

- Tiempo de lavado de la maquina reducidos y poca cantidad de liquido para su respectivo lavado.
- Alta precisión y repetitividad (+-0.1% en 5 litros).
- Bajo costo de adquisición.
- Amplia gama de Boquillas de envasado.

4.8.1 Tipos de envasadora

4.8.1.1 LLENADORA AUTOMATICA MODELO G.10

Características del llenado:

El sistema de llenado es un sistema ultralimpio con un caudalímetro de masa, que garantiza una elevada precisión y repetitividad. El fluido se descarga directamente desde una bomba hacia un pequeño tanque de almacenamiento, y posteriormente hacia la llenadora la cual es la encargada de su empaquetamiento en los distintos tipos de envases; las partes en contacto con el fluido son de acero inoxidable AISI 304.

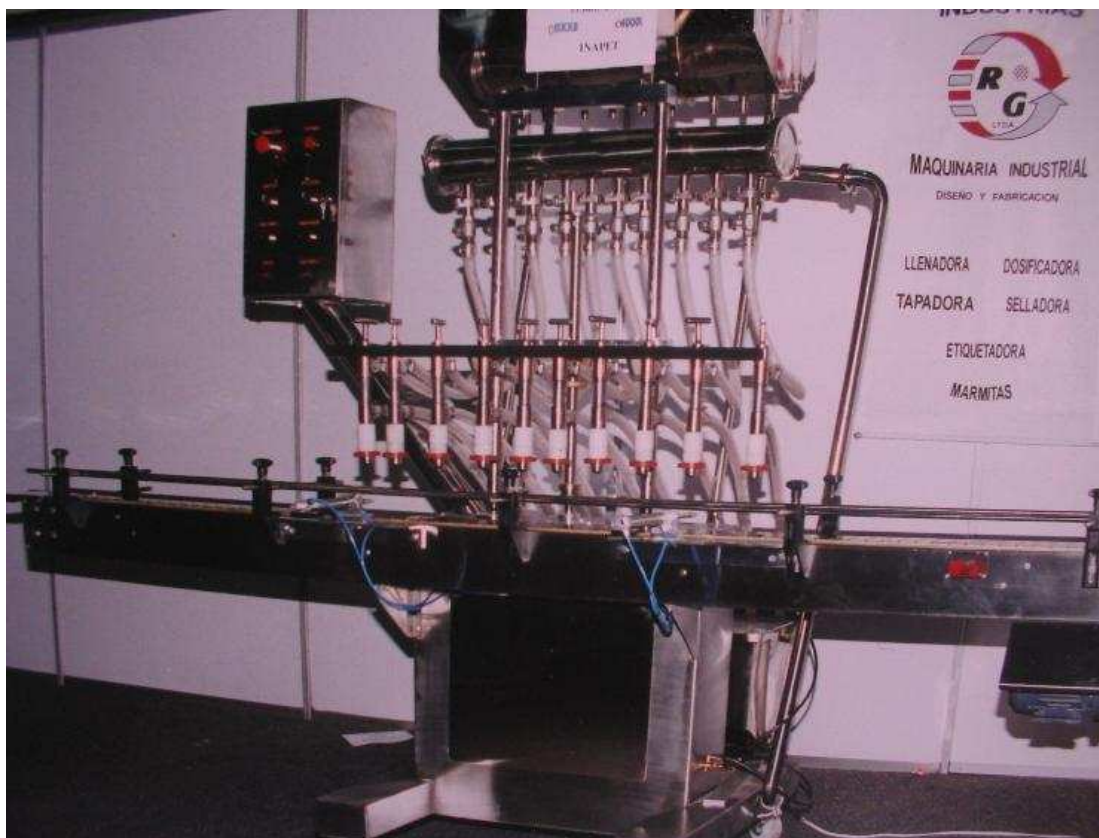
En cualquier etapa del proceso el operario a cargo del mismo puede ajustar los distintos parámetros desde el panel de control como: cantidad de fluido, velocidad del transportador, leer alarmas eventuales.

Beneficios:

- Los caudalímetros dosificadores de masa, garantizan una elevada repetitividad y precisión de llenado. (+/- 0.2 % en 1 litro.).
- Al medir la masa del producto, el sistema no siente los cambios de temperatura del mismo, dosificando a cualquier temperatura siempre el mismo valor.
- A través del panel el operador puede regular la válvula.
- Memoria para diferentes tipos de dosificación.
- Alarmas en el panel.
- Dosificador exento de mantenimiento.
- El tiempo de lavado se reduce hasta en un 50 %.

- La cantidad de líquido para el lavado disminuye hasta un 70 %.

Figura N.90 Envasador Modelo G.10



Fuente: www.industriasrg.net

Cuadro N 132 Descripción técnica envasadora seleccionada:

Estructura	Acero inoxidable AISI 304
Caudalimetro	Dosificador de masa
Válvulas	Neumáticas
Panel	Comandos eléctrico, <i>display</i>
Tensión	24 VCC
Materiales en contacto con aceite	AISI 316
Llenado	Caudalimetro de masa
Precisión de llenado	±0.2% para envases de ½ galón ±0.1% para envases de 1 galón
Alimentación	Bomba Desplazamiento positivo.
Aire comprimido	7 CFM a 80 psi
Conexión	Eléctrica

Fuente: cotización industrias R&G

4.8.1.2 LLENADORA POR PESO 5G.

Llenadora Lineal

Apta para: productos viscosos inflamables, aceites lubricantes

Alta precisión y repetitividad (+-0.1% en 18.925 litros).

Rango de temperatura 5 hasta 125 C.

Tiempo de lavado de la maquina reducidos y poca cantidad de liquido para su respectivo lavado

Características del llenado

Consta de un sistema antigoteo resortado que ingresa la boquilla en el recipiente para activar el llenado y evitar que este se derrame, cuando el envase se ha llenado.

El envase es entregado a una mesa, para su posterior tapado, este es recogido por un operario, para su transporte y almacenaje en bodega.

DESCRIPCION

Equipo construido en acero al carbón o acero estructural A36 y todos los elementos en contacto con el producto en acero inoxidable tipo 304.

Capacidad de llenado para bidones de 5 galones, se manejan dos tipos de envase con diámetro interno de la boca de 48mm y 50 mm, y un rango de llenado por peso entre 16 y 20kg.

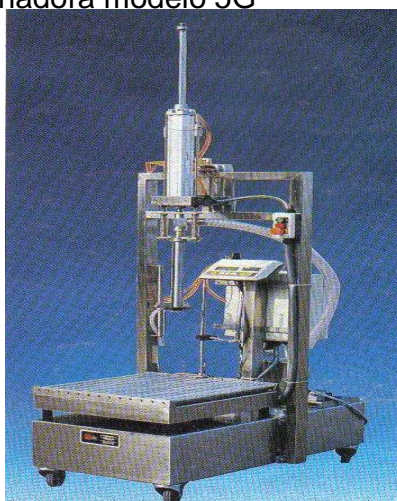
Alimentación de producto a través de bomba que viene desde el mezclador.

Visualización y regulación del peso en la pantalla electrónica de la celda de carga.

Actuador neumático y sistema de cierre rápido para controlar el llenado de los bidones.

Boquilla regulable con sistema automático para la altura y sistema antigoteo.

Figura N. 91 Llenadora modelo 5G



Fuente: www.industriasrg.net

Cuadro N.133 Descripción técnica:

Estructura	Acero estructural A36
Caudalimetro	Dosificador de masa
Válvula	Neumática
Panel	Pantalla electrónica
Tensión	24 VCC
Materiales en contacto con aceite	Acero inoxidable 304
Llenado	Caudalimetro de masa
Precisión de llenado	±0.1% para envases de 5 galón
Alimentación	Bomba Desplazamiento positivo.
Aire comprimido	7 CFM a 80 psi
Conexión	Eléctrica

Fuente: www.industriasrg.net

El proceso de envase de los aceites lubricantes ofrece ventajas como son:

- Contener el producto
- Fácil transporte del mismo.
- Distinguir entre las diferentes presentaciones.
- Protección del producto.
- Fácil comercialización.

4.9 SELECCIÓN DE COMPRESOR.

Para la selección del compresor es necesario definir que tipo de compresor utilizar; debido a que el uso del compresor se limita al suministro de aire a presión, para el correcto funcionamiento de los envasadores; es necesaria la utilización de un compresor de desplazamiento positivo.

Cuadro N.134 Datos de selección del compresor.

Equipo	Presión (psi)	cfm
Envasador 1	80	7
Envasador 2	80	7

Fuente: Autores del proyecto.

Cuadro N 135 Requisitos del compresor

Equipo	Presión (psi)	cfm
compresor	80	14

Fuente: Autores del proyecto.

De la anterior tabla se busca un compresor que cumpla con las condiciones de requerimiento; se selecciona distribuidor SFM compresores dela marca Azules-Taiwán-línea U.B.

Cuadro N. 136 selección del compresor.

Compresores Industriales Azules TAIWAN - Línea U.B.

MODELO	HP	VOLT.	CILIND.	CFM	RPM	PSI	TANQUE	ETAPAS	MEDIDAS CMS
							GLS		AL X LA X AN
SFM 4,8 UB-10	1	110-220	2V	4,8	1000	120	29	1	80 X 102 X 40
SFM 9,0 UB-20	1,5/2	110-220	2V	9,0	1000	120	35	1	82 X 102 X 43
SFM 13,5 UB-30	2	110-220	2V	13,5	1000	120	40	1	98 X 112 X 53
SFM 18,0 UB-40	3	110-220	3V	18,0	974	120	50	1	107 X 138 X 57
SFM 22,5 UB-50	5	220-440	2V	22,5	721	120	60	1	112 X 143 X 58
SFM 33,8 UB-75	5/7,5	220-440	3V	33,8	744	120	80	1	120 X 153 X 58
SFM 19,8 UT-50	5	220-440	2L	19,8	800	150	80	2	130 X 153 X 58
SFM 39,5 UT-100	10	220-440	4V	39,5	738	150	120	2	143 X 180 X 68

Fuente: www.sfmcompresores.com.

De la anterior tabla se escoge el compresor de referencia SFM18.0UB-40 con las siguientes características

Cuadro N .137. Especificaciones del compresor.

Equipo	Potencia (Hp)	Voltaje	Cfm	Presión (psi)
SFM18.0UB-40	3	110-220	18	120

Fuente: Autores del proyecto.

Figura N. 92 Compresor seleccionado.



Fuente: www.sfmcompresores.com.

En la selección de la tubería de conducción del aire hasta el envasador se utiliza la tubería de acuerdo al siguiente cuadro.

Cuadro N.138 Diámetro de la tubería en función de descarga Aire cfm.

Presión (man) Psi	Descarga de aire en cfm						
	7	15	30	45	80	100	125
1/8	4,68	6,72	10,1	13,5	21,4	26	31,6
¼	18,7	26,9	40,5	54,1	85,7	104	126
3/8	42,2	60,5	91,1	122	193	234	284
½	75	108	162	216	343	415	506

Fuente: www.acercar.org.co

Luego para una capacidad de 15 cfm y una presión de descarga de 80 psi seleccionamos la tubería de ½ pulgada.

La tubería para el transporte de aire es de aluminio debido a las siguientes ventajas que ofrece:³⁰

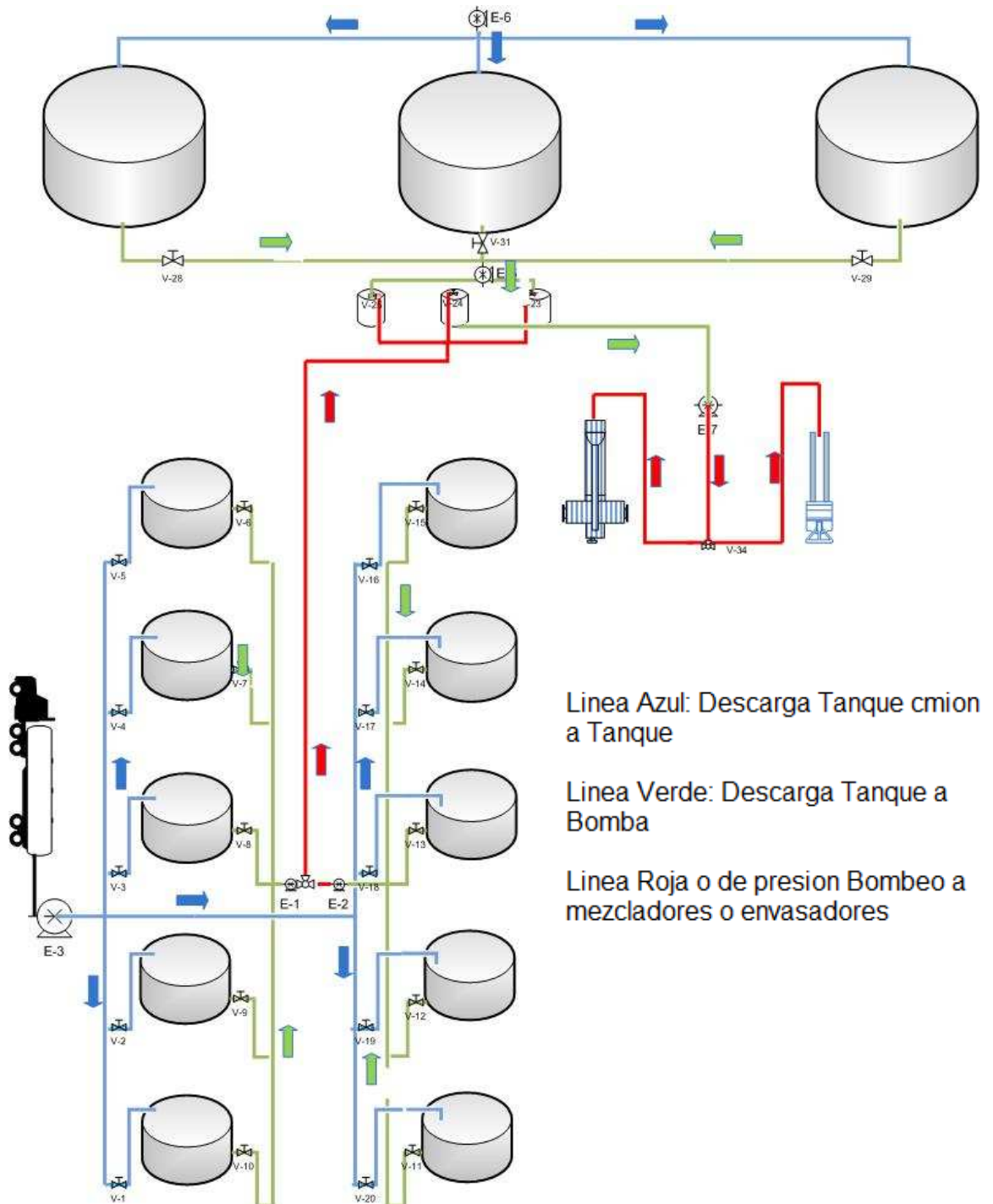
- Costo mayor en la instalación inicial (entre un 30% y 40% adicional).
- Buena calidad en el aire dado que no existe el arrastre de partículas de óxido.
- La instalación se puede hacer de forma modular y en un tiempo menor a la de acero carbono.
- Es flexible, fácil de modificar.

Inicialmente la tubería de aluminio requiere una inversión inicial mayor pero a su vez en el tiempo es más duradera, y tiene un costo de operación menor por las siguientes razones:

- Se disminuyen los costos de mantenimiento de los equipos neumáticos, por el uso de aire libre de partículas de óxido.
- Se aumenta la productividad por reducción de paros debido a reparaciones y mantenimiento de equipos (herramientas)
- Reduce tiempos de parada y se facilitan las modificaciones del sistema

³⁰ <http://www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID2.pdf>

5 DIAGRAMA DEL PROCESO EN LA PLANTA



Linea Azul: Descarga Tanque cmion a Tanque

Linea Verde: Descarga Tanque a Bomba

Linea Roja o de presión Bombeo a mezcladores o envasadores

Fuente: Autores del proyecto.

6 PLAN DE MANTENIMIENTO

Para un correcto funcionamiento de todos los equipos utilizados en la planta es necesario, que se efectúen acciones para una óptima operación de ellos; entre las diferentes acciones se menciona la ejecución de un plan de mantenimiento el cual esboza un proceso detallado con las respectivas tareas programadas y adicionalmente el equipo o sesión programada para el mantenimiento.

Los diferentes tipos de mantenimiento son:

- A. Mantenimiento correctivo.
- B. Mantenimiento preventivo.
- C. Mantenimiento predictivo.
- D. Mantenimiento productivo total TPM.

Estos tipos de mantenimiento se deben aplicar a cada uno de los componentes de la planta.

El mantenimiento correctivo es el encargado de reparar o cambiar una parte o el equipo de acuerdo al daño que esté presente.

El mantenimiento preventivo es el encargado de prevenir el mal funcionamiento de los equipos para ello se toma decisiones como retiro de equipo, desarme se revisión de todos sus componentes, reparación o cambio; para luego retornarlo a su lugar de trabajo.

El mantenimiento predictivo es aquel que se encarga de predecir las posibles fallas de estas, para esto se observa distintos factores de operación normal.

Cuadro N.139 Tipo de mantenimiento a los equipos.

Equipo	Mantenimiento Correctivo.	Mantenimiento Preventivo.	Mantenimiento Predictivo.	Mantenimiento productivo.
Bombas	X	X	X	X
Tuberías	X	X	X	X
Tanques de almacenamiento	X	X	X	X
Mezcladores	X	X	X	X
Envasadores	X	X	X	X
Caldera	X	X	X	X
Compresor	X	X	X	X

Fuente: Autores del proyecto.

El plan describe el proceso o las acciones que debe realizarse a cada uno de los equipos mencionados, para que cada uno de ellos opere de forma correcta y eficaz.

Adicionalmente se describe un cronograma de mantenimiento, con criterios como son equipos prioritarios.

6.1 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.

Estos equipos son parte fundamental en el proceso de la planta, es por eso necesario que se garantice un buen funcionamiento de ellos; A continuación se describe las actividades para el buen funcionamiento de estas.

Un paso sencillo y eficaz que garantiza que la bomba funcione en óptimas condiciones es: seguir el procedimiento de trabajo, según las recomendaciones del fabricante.

El mantenimiento preventivo es el encargado de prevenir el mal funcionamiento de la bomba para ello se toma decisiones como que la bomba se retire de servicio, se desarme se revisen todos sus componentes.

El mantenimiento predictivo es aquel que se encarga de predecir las posibles fallas de estas, para esto se observa distintos factores de la bomba en operación normal, como lo son:³¹

- Temperatura de trabajo de rodamientos
- Análisis de vibraciones.
- Observación del comportamiento de la bomba con respecto a la curva de rendimiento.
- Verificación de fugas con un equipo de ultrasonido.

Una vez tomada la decisión se genera reportes o informes con las actividades realizadas y las posibles programadas en un determinado tiempo.

Cuadro N. 140 Acciones en las bombas.

Acción	Periodo
Taraje de Válvula alivio	1 día.
Chequeo prensaestopa	1 día.
Lubricación de cojinetes y rodamientos	1 día.
Limpieza	1 mes
Alineamiento motor bomba	3 meses
Pruebas de fuga	6 meses
Inspección visual	1 día
Inspección periódica	1 año

Fuente: Autores del proyecto.

³¹

<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/mantenimeientodebombas/mantenimientodebombas.html>

6.2 TUBERÍAS.

Las tuberías generalmente presentan problemas como taponamientos, obstrucciones y fugas debido al mal uso de ellas y un deterioro debido al paso del tiempo.

Si en la tubería se presentan fugas o daños se debe aislar esta y posteriormente se procede a su reparación, una vez esta se haya reparado se vuelve a ubicar en su sitio.

Cuadro N.141 Acciones en la tubería.

Acción	Periodo
Inspección visual	1 día
Inspección periódica	6 meses
Limpieza	6 meses
Pruebas de ultrasonido	6 meses

Fuente: Autores del proyecto.

6.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Los respectivos tanques de almacenamiento de bases y aditivos, cumplen uno de los procesos más importantes en la planta que es el almacenamiento de las materias primas para la producción de aceites lubricantes, es por eso de vital importancia que estos funcionen en óptimas condiciones.

El mantenimiento de un tanque de almacenamiento se resume en el siguiente cuadro.

Cuadro N. 142 Acciones tanques de almacenamiento

Acción.	Periodo de frecuencia
Limpieza de paredes externas	1 mes
Limpieza de paredes internas	6 meses
Succión de sedimentos.	6 meses
Pruebas para verificación fugas	Cada 12 meses, si el tanque tiene mas de 15 años cada 6 meses
Verificación de funcionamiento de sensores	1 semana.
Verificación de funcionamiento de bridas.	1 semana.

Fuente: Autores del proyecto.

6.4 MEZCLADOR.

El mezclador es quizá el elemento mas importante de la planta pues de el depende la calidad del producto final, así que un buen funcionamiento de este es prioritario.

A continuación se describen las acciones a tener en cuenta para un correcto funcionamiento de este.

Cuadro N. 143 Acciones en el mezclador.

Acción.	Periodo de frecuencia
Limpieza de paredes externas	1 mes
Limpieza de paredes internas	1 semana
Verificación fugas visual.	1 día
Verificación fugas por pruebas	6 meses
Verificación de funcionamiento de sensores	1 semana.
Verificación de funcionamiento hélice.	1 día.
Verificación de funcionamiento conjunto motorreductor	1 semana.
Verificación de intercambiador de calor	1 día.

Fuente: Autores del proyecto.

6.5 ENVASADORES.

Estos se encargan de empacar el producto en un envase para su presentación final al consumidor; por lo tanto este elemento es de vital importancia pues un envasado deficiente no garantiza un correcto: almacenamiento, embalaje y presentación del producto hasta el consumidor.

Cuadro N. 144 Acciones en los envasadores.

Acción.	Periodo de frecuencia
Limpieza	1 día
Verificación fugas visual.	1 día
Verificación fugas por pruebas	6 mes
Verificación de funcionamiento de sensores	1 semana.
Verificación de válvulas	1 día.
PLC y tablero de control	1mes
Aire comprimido	1mes

Fuente: Autores del proyecto.

6.6 CALDERA

La caldera es la encargada de elevar la temperatura del agua, para la utilización del vapor como liquido que calienta la mezcla hasta la temperatura deseada.

Cuadro N.145 mantenimiento de caldera.³²

Acción.	Periodo de frecuencia
Verificar nivel de agua	1 día
Verificación combustión	1 día
Purga	1 día.
Revisar	
Presión/temperatura agua alimentación	1 día

³²www.acercar.org.co/industria/biblioteca/memorias_2007/operacion_y_mantenimiento_de_calderas.pdf

Temperatura del gas combustión	1 día
Presión del gas	1 día
Presión del aire atomizado	1 día.
Consumo de agua de remplazo	1 día
Presión de vapor	1 día.
Verificación cierre de válvula de combustible	1 semana
Conexiones de aire y combustible	1 semana.
Luces indicadoras y alarmas	1 semana
Controles limitadores y de operación	1 semana
Controles de seguridad y conexiones	1 semana
Filtraciones, vibraciones	1 semana
Inspeccionar: Quemador, fugas de gases de combustión.	1 mes
Revisar adicionalmente las condiciones diarias	1 mes
Inspeccionar el refractario	6 meses
Revise los componentes eléctricos	6 meses.
Limpieza	
Llave de bajo nivel de agua	6 meses
Bomba de aceite, colador y filtro	6 meses
Depurador de aire y separador aire / aceite	6 meses
Alineación de acople del compresor	6 meses
Inspeccione la superficie interior del	1 año

recipiente	
Limpie Superficies del fogón	1 año
Limpie Conductos	1 año

Fuente: www.acercar.org.co

6.7 COMPRESOR.

El compresor es el encargado del suministro de aire a los envasadores, los cuales necesitan de este para el funcionamiento de apertura de las válvulas y flujo de aceites hacia los distintos envases del producto.

Cuadro N. 146 Acciones en el compresor.

Acción.	Periodo de frecuencia
Temperatura de operación	1 día
Presión de operación	1 día
Purga	1 día.
Filtros de aire	1 día
Controles	1 día
Válvulas de alivio	1 día
Controles	1 día
Válvulas de alivio	1 día.
Inspección visual	1 día.
Revisión Pistones compresores	12 meses

Motor eléctrico	6 meses
Sistema de transmisión potencia	6 meses
Conexiones de aire	1 semana.

Fuente: Autores del proyecto.

Adicionalmente si cualquiera de los equipos debe ser retirado o se realiza algún tipo de mantenimiento con el fin de garantizar su correcto uso se debe hacer el registro en una respectiva formato de mantenimiento.

7 PRESUPUESTO.

En el siguiente cuadro se detallan los costos de cada uno de los elementos, para el respectivo montaje de la planta de producción de lubricantes.

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor total
1	Tanque de almacenamiento de bases lubricantes con capacidad de 30000 galones	3	257520000
2	Tanque de almacenamiento de aditivos con capacidad de 1000 galones	10	55680000
3	Mezcladores con capacidad de 200 galones	3	27840000
4	Envasador automático modelo G10	1	22620000
5	Envasador automático modelo 5G	1	21460000
6	Compresor con capacidad de 18 cfm	1	2005640
7	Bomba viking con capacidad de 100 gpm para la descarga de la materia prima desde el camión tanque hacia los tanque	1	19256000
8	Bomba viking para descarga de las bases lubricantes con una capacidad de 20 gpm, desde los tanques de almacenamiento hacia el mezclador	2	9999200
9	Bomba viking para descarga de aditivos desde los tanques de almacenamiento hacia los mezcladores. (<i>stand bey</i>)	1	4999600
10	Bomba OBLIT tipo diafragma para descarga de los aditivos desde los tanques de almacenamiento hasta el mezclador con una capacidad de 2 gpm.	1	17191200
11	Bomba viking para descarga de los aceites desde mezclador hacia los envasadores con una capacidad de 10 gpm.	1	3678360
12	Caldera vertical de 20 BHP	1	50402000
13	Tubería cedula 40 diámetro nominal	10,8333333	3318997
14	Accesorios	8	295916
15	Válvula de ¾ operada eléctricamente	3	577680
16	Válvula de 1 pulgada operada eléctricamente	3	643800

17	Válvula de 1 ¼ pulgada operada eléctricamente	3	696000
18	Válvula de 2 pulgada manual	5	319000
19	Válvula de 2 ½ pulgada manual	14	1786400
20	PLC Schneider	2	4219000
21	Sensores de nivel para los mezcladores	3	689040
22	Sensores de nivel para tanques	20	1483640
	Subtotal		506681472
	Imprevistos 10%		557349620
	Papelería		500000
	Total		557849619,5

CONCLUSIONES

- ❖ Se diseñó el proceso de mezclado de bases y aditivos con una capacidad para producir 100.000 Galones mensuales entre aceites para motor, hidráulico y para transmisiones el cual implicó poner en práctica el conocimiento y destreza adquiridos durante el transcurso de la carrera en lo relacionado con:
 - Tanques de almacenamiento
 - Tanques de mezcla
 - Envasadora semiautomática.
 - Accesorios de tuberías
 - Bombas Hidráulicas
 - Líneas de transporte de fluidos.
 - Controlador lógico programable (PLC).
 - Sistemas de transferencia de calor
 - Compresores.
 - Materiales.
- ❖ Mediante la implementación de este diseño la empresa MULTIFILTROS LTDA pasa de ser una empresa distribuidora de lubricantes a una empresa productora, cumplimiento con requerimientos internacionales mediante las normas A.P.I 650 Y ASTM B31.3 empleadas en el diseño de la fase de almacenamiento y transporte de las materias primas.
- ❖ En el diseño de la planta se incorporaron tecnologías de control lógico programable (PLC) en la parte de mezclado y descarga de aditivos y bases las cuales permiten:
 - Entrega de cantidades exactas de aditivos correspondiente a cada referencia de lubricante, obteniendo composiciones adecuadas para un mejor desempeño en las condiciones de operación.
 - Seguridad en el proceso si ocurre alguna anomalía en algún elemento.
 - Proceso de producción periódicamente variable.
 - Menor costo de mano de obra en el proceso.

- ❖ EL Funcionamiento sincronizado de los mezcladores ofrece las siguientes ventajas:
 - Flujo constante de producción.
 - Disminución de costos de envasado.
 - Capacidad de producir diferentes referencias de lubricantes

- ❖ El costo de montaje de la planta esta aproximadamente alrededor de 600.000.000 de pesos; en comparación con plantas importadas este valor es económico.

RECOMENDACIONES.

Implementar un sistema contra incendio en la planta con el fin de garantizar el cuidado del medio ambiente y la seguridad de las personas involucradas en los procesos de producción.

Con el fin de tener un mejoramiento continuo y confiabilidad en los lubricantes se recomienda la adquisición de un laboratorio en donde pueda analizar cada una de las propiedades de cada lubricante, complementado con un banco de pruebas para establecer la relación entre composición y comportamiento.

A pesar de que el diseño de la planta ofrece la posibilidad de producción simultánea de diferentes tipos de lubricantes, se recomienda establecer un cronograma de producción por lotes de tipo de lubricante, con el objetivo de no presentar confusiones en el envasado e interferir con la composición de cada referencia de aceite.

Elaborar un manual de operación de la planta y adquirir un software de mantenimiento que garantice el correcto funcionamiento de cada uno de los equipos para prevenir posibles fallas y anomalías en la producción.

RECOMENDACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS TERMINADOS.

Con el fin de obtener protección y seguridad en los lubricantes terminados almacenados en cajas y bidones se presentan las siguientes recomendaciones que se deben tener en la zona de la bodega.

- Almacenamiento de cajas:

Su almacenamiento debe ser en espacios cubiertos en ambientes secos y con una apropiada ventilación debido a que la humedad es uno de los factores que más afecta la resistencia y duración de las cajas en aglomerar.

Al agrupar las cajas es necesario tener plataformas de madera o superficies elevadas con el fin de protegerlas de la humedad o derrame de líquidos, con el ánimo de no tener un desbordamiento de cajas por la pérdida de su resistencia.

El conjunto de cajas apiladas deben alinearse en forma vertical de tal forma que las esquinas coincidan para tener una mayor estabilidad en el apilamiento.

- Almacenamiento de bidones.

Los bidones deben ser almacenados en recintos cerrados en lugares ventilados y evitando que los rayos del sol penetren en forma directa, igualmente alejados de equipos que liberen calor debido a que con temperaturas elevadas el plástico se fragiliza.

Al agrupar los bidones se recomienda tener como máximo tres en forma vertical.

NORMAS DE RECEPCION DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS.

- Los envases recibidos por la bodega deben reconocerse claramente por su empaque y denominación.
- Para la recepción de cajas, éstas deben estar completas, selladas y debidamente marcadas para su posterior distribución.
- Para la recepción de bidones, éstos deben ir con etiquetas limpias en la parte lateral, indicando el nombre del producto y las especificaciones técnicas del mismo.

BIBLIOGRAFÍA.

- CENGEL, Yunus.** Transferencia de calor. México: Mc Graw Hill 1998
- CRANE.** Flujo de fluidos en Válvulas, accesorios y tuberías.
- Mills, Antony.** Transferencia de calor. Mc Graw Hill.
- Potter. Merle y Wiggert David.** Mecánica de Fluidos. México: Thomson.
- American Petroleum Institute.** A.P.I 650. Décima edición. 1998
- American society of mechanical engineers.** ASME B31.3. 2008
- Normas colombianas de Diseño y construcción Sismo resistente.** Norma NSR98. Santafé de Bogotá D.C.1998
- McCABE, Smith.** Operaciones básicas en ingeniería química. Barcelona: editorial Reverte 1973.
- Vásquez, Leonidas.** Diseño de maquinas I. 2005
- Mott, Robert.** Diseño de elementos de maquinas. México: Pearson Educación 2006.