



UTN FACULTAD
REGIONAL
DELTA

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Delta

**Producción de Acetona a partir de
la deshidrogenación de Alcohol
Isopropílico**

Integración V

Índice

1. Objetivo	11
2. Introducción	12
2.1. Nombre del producto	12
2.2. Propiedades Físicas y Químicas	12
2.3. Representación gráfica.....	13
2.3.1. Representación gráfica de la molécula de la Acetona.....	13
2.3.2. Representación gráfica de la molécula del Hidrógeno	13
2.3.3. Representación gráfica de la molécula del Oxígeno	13
2.3.4. Fuentes de La acetona	14
2.3.5. Comparativa de La acetona frente al Agua.....	14
2.4. Aplicaciones	15
2.4.1. Uso Industrial.....	15
2.4.2. Producción de Metacrilato de Metilo	16
2.4.3. Uso Doméstico	16
3. Estudio de Mercado.....	17
3.1. El estudio del mercado	17
3.2. Mercado Mundial.....	17
3.3. Principales productores de Acetona a nivel mundial.....	19
3.4. Mercado Nacional	20
3.4.1. Consumo Nacional Aparente	20
3.4.2. Comparativa de Producción vs Consumo Aparente.....	21
3.4.3. Representación gráfica de las importaciones.....	21
3.4.4. Representación gráfica de las exportaciones.....	22
3.4.5. Comparativa del valor de la exportación vs importación	23
3.4.6. Usos de La acetona en nuestro país	23
3.4.7. Proveedor de materia prima	24
3.4.8. Selección de proveedor	25
3.4.9. Gross-Profit	25
3.4.10. Conclusiones Capítulo “Estudio de Mercado”.....	27
4. Selección de Tecnología	28
4.1. Métodos alternativos	28
4.1.1. Oxidación de Cumeno	28
4.1.2. Deshidrogenación de 2-propanol	29
4.1.3. Oxidación directa de Propeno (Wacker-Hoechst)	29
4.1.4. Oxidación de p-diisopropil benceno	30
4.1.5. Fermentación de biomasa	30
4.2. Tecnologías consideradas.....	31

4.2.1.	Oxidación de cumeno	31
4.2.2.	Deshidrogenación de 2-propanol	33
4.3.	Producción de la materia prima (Alcohol Isopropílico)	35
4.3.1.	Hidratación indirecta	35
5.	Descripción técnica del proceso	36
5.1.	Balance Global	37
6.	Localización de Planta	39
6.1.	Estudio de la localización de Planta	39
6.2.	Método cuantitativo por puntaje.....	39
6.3.	Resultado del estudio cuantitativo por puntaje.....	40
6.4.	Parque Industrial “Paraná de las palmas”	41
6.4.1.	Accesos.....	41
6.4.2.	Servicios del Parque.....	42
7.	Ingeniería de Procesos.....	44
7.1.	Diagrama de bloques	44
7.2.	Diagrama de flujo (Flow sheet).....	44
7.3.	Diagrama P&ID (Piping and Instrumentation)	44
7.4.	Balances de masa y energía	44
7.4.1.	Descripción del proceso	44
7.4.2.	Acondicionamiento de materia prima.....	44
7.4.3.	Sección de Reacción	45
7.4.4.	Sección de Condensación y enfriamiento	45
7.4.5.	Separación de fase líquida y fase vapor	45
7.4.6.	Recuperación de Acetona.....	46
7.4.7.	Primera etapa de destilación	46
7.4.8.	Segunda etapa de destilación.....	47
8.	Diseño de Intercambiador E-1103.....	48
8.1.	Introducción.....	48
8.2.	Condensación de sustancias multicomponentes	48
8.3.	Desarrollo del diseño de un condensador parcial	49
8.3.1.	Procesos difusivos en la condensación de mezclas de multicomponentes 49	
8.3.2.	Método generalizado para el diseño de condensadores	52
8.4.	Condiciones de operación del condensador E-1103.....	53
8.4.1.	Condiciones de entrada de la mezcla	53
8.4.2.	Condensación en el exterior de tubos con altas velocidades de vapor ..	54
8.5.	Desarrollo del diseño del condensador E-1103	55
8.5.1.	Diseño mecánico	55
8.5.2.	Material de construcción.....	55
8.5.3.	Diámetro tubos	55

8.5.4.	Arreglo de tubos	55
8.5.5.	Tipo de intercambiador	56
8.5.6.	Longitud y exceso de área	56
8.5.1.	Diámetro coraza	57
8.5.2.	Velocidad máxima permisible en tubos	57
8.5.3.	Registro de hombre	58
9.	Diseño de la columna T-1103	61
9.1.	Introducción	61
9.2.	Condiciones operativas en la alimentación	61
9.3.	Especificaciones de diseño	61
9.4.	Columnas empacadas	62
9.5.	Torres de destilación empacadas	62
9.5.1.	Características principales del empaque	62
9.5.2.	Empaques al azar	63
9.6.	Selección de empaque	63
9.6.1.	Características Anillos Raschig 2 in (50 mm)	63
9.1.	Diámetro de torre	64
9.2.	Altura equivalente (HETP)	65
9.3.	Caudal de inundación de la torre (T-1103)	66
9.4.	Condiciones y dimensiones generales recomendadas para las torres de platos	67
9.4.1.	Espaciamiento de los platos	67
9.4.2.	Flujo del líquido	68
9.4.3.	Caída de presión	69
9.5.	Etapa de Alimentación	71
9.6.	Perfiles de Composiciones	72
9.7.	Diseño mecánico	73
9.7.1.	ASTM A285, Grado C	73
9.7.2.	Propiedades físicas y mecánicas	73
9.7.3.	Composición de los materiales	73
9.7.4.	Temperatura de diseño	73
9.7.5.	Esfuerzo de material	73
9.7.6.	Eficiencia de la junta	73
9.7.7.	Presión de diseño	74
9.7.8.	Espesor del casco	74
9.7.9.	Espesor del cabezal	75
9.7.10.	Espesores disponibles en el mercado	75
9.8.	Altura de la columna T-1103	76
9.8.1.	Longitud del área cilíndrica	76
9.8.2.	Longitud de los cabezales	76

9.8.3. Altura de la torre T-1103.....	76
9.9. Diseño de torres altas.....	77
9.9.1. Cargas por viento	77
9.9.2. Presión de diseño por viento	79
9.10. Diseño de cañerías.....	80
9.10.1. Diámetro de conexiones a T-1103	80
9.11. Espesor de faldón	81
9.11.1. Espesor requerido por flexión longitudinal debida a la presión del viento. Momento en la base (M)	81
9.11.2. Momento soportado por el faldón.....	81
9.11.3. Espesor requerido.....	82
9.11.4. Espesor debido al peso, ya montada	82
9.12. Peso total de la torre	83
9.12.1. Volumen del cabezal.....	83
9.12.2. Volumen cilindro	83
9.12.3. Volumen relleno	83
9.13. Peso total de la torre vacía.....	84
9.13.1. Prueba hidráulica	84
9.13.2. Peso total de la torre con carga.....	84
9.13.3. Registro de hombre.....	85
9.14. Medida de seguridad-Válvula de alivio de presión.....	85
10. Instrumentación y control del proceso.....	86
10.1. Lazo de control para tanques	86
10.2. Tanque de Almacenamiento V-1101	86
10.3. Tanque de almacenamiento V-1102.....	86
10.4. Evaporador Kettle-Reboiler E-1101	86
10.5. Precalentador E-1102.....	86
10.6. Reactor R-1101	86
10.7. Horno H-1101.....	87
10.8. Tanque de almacenamiento V-1108.....	87
10.9. Intercambiador de calor E-1103	87
10.10. Condensador E-1104	87
10.11. Separador de fases V-1103.....	87
10.12. Torre de absorción T-1101	88
10.13. Tanque pulmón V-1104	88
10.14. Torre de destilación T-1102.....	88
10.15. Tanque pulmón V-1105	89
10.16. Torre de destilación T-1103.....	89
10.17. Torre de destilación T-1102.....	89
10.18. Tanque pulmón V-1106	90

10.19. Tanque de almacenamiento V-1107	90
10.1. Tanque de almacenamiento V-1108	90
10.1. Tanque de almacenamiento V-1109	90
10.1. Tanque de almacenamiento V-1110	91
11. LAYOUT	92
11.1. Distribución de la planta	92
11.1.1. Objetivos y principios básicos de la distribución de la planta.....	92
11.2. Distribución de la planta	92
11.2.1. Tipos de proceso y sus características.....	92
11.3. Métodos de distribución.....	93
11.3.1. Diagrama de recorrido y SLP	93
11.4. Distribución de planta	93
11.4.1. Diagrama de Líneas.....	95
11.5. Distanciamiento entre equipos	95
11.5.1. Tanques de almacenamiento y torres	95
11.5.2. Reactores	95
11.5.3. Intercambiadores de calor.....	96
11.5.4. Horno	96
12. Isométrico	97
12.1. Pérdidas de carga	97
12.2. Balance de energía	97
12.3. Configuración de los tanques	97
12.3.1. Tanque V-0003	97
12.4. Especificaciones operativas	98
12.5. Factor de fricción.....	98
12.6. Balances por tramos.....	99
12.6.1. Primer tramo	99
12.6.2. Segundo tramo	99
12.6.3. Resultados del balance.....	99
12.7. ANPA disponible	100
12.8. Selección de bomba	100
12.8.1. TechniFlo PW -Trasvase ®	100
13. Servicios auxiliares.....	102
13.1. Compresores.....	102
13.1.1. Compresores a tornillo	102
13.2. Horno	103
13.2.1. Horno cilíndrico vertical.....	103
13.3. Evaporador Kettle-Reboiler E-1101	104
13.4. Intercambiador de calor E-1102	104

13.5. Condensador E-1103	105
13.6. Condensador E-1105	105
13.7. Condensador E-1106	105
13.8. Evaporador Kettle-Reboiler E-1107	105
13.9. Evaporador Kettle-Reboiler E-1108	105
13.10. Torre de enfriamiento	105
13.11. Sistema de generación eléctrica.....	106
14. Puesta en marcha	107
14.1. Inspección	107
14.2. Pruebas hidráulicas y de presión.....	107
14.3. Proceso de puesta en marcha.....	107
14.3.1. Puesta en marcha de servicios auxiliares	107
14.3.2. Puesta en marcha de torre de absorción.....	108
14.3.3. Puesta en marcha de los tanques de materia prima.....	108
14.3.4. Puesta en marcha del sector productivo	108
15. Estudio Ambiental.....	110
15.1. Nivel de complejidad Ambiental.....	110
15.2. Resultados del estudio de complejidad ambiental.	112
16. Medio ambiente	114
16.1. Descripción del proyecto	114
16.2. Residuos especiales.....	114
16.2.1. Ley 11.720	114
16.2.2. Características del depósito de residuos.....	114
16.2.3. Residuos generados	116
16.2.4. Tratamiento de aguas residuales	117
16.2.5. Métodos primarios.....	117
17. Salud y seguridad	119
17.1. Consideraciones de seguridad previo al inicio de actividades de la planta (Edificación)	119
17.2. Riesgos asociados a la seguridad de la obra en proceso	119
17.2.1. Caídas al mismo nivel.	119
17.2.2. Golpes y cortes.	119
17.2.3. Caídas a distinto nivel al realizar trabajos	119
17.2.4. Caída de objetos.....	119
17.2.5. Atrapamiento por o entre objetos	119
17.2.6. Pisadas sobre objetos por un terreno irregular.....	119
17.2.7. Choques contra objetos móviles	120
17.3. Proyección de partículas	120
17.4. Atropellos por circulación de vehículos.....	120
17.4.1. Mitigación de atropellos por circulación de vehículos	120

17.5. Riesgo de incendio y explosión	120
17.6. Riesgo eléctrico directo o indirecto	120
17.7. Riesgos químicos en la construcción.....	120
17.8. Riesgos biológicos en la construcción	120
17.9. Riesgos psicosociales en la construcción.....	120
17.10. Ley 19587	121
17.11. Decreto 351/79.....	121
17.11.1. Características constructivas	121
17.11.2. Provisión de agua potable.....	121
17.11.3. Control de Carga Térmica	122
17.11.4. Contaminantes químicos en ambiente de trabajo.....	122
17.11.5. Control de radiaciones	122
17.11.6. Ventilación	122
17.11.7. Iluminación.....	122
17.11.8. Ruidos y Vibraciones	123
17.11.9. Señalización.....	123
17.11.10. Instalaciones Eléctricas	123
17.11.11. Máquinas y Herramientas	124
17.11.12. Aparatos para izar	124
17.11.13. Aparatos Sometidos a Presión	124
17.11.14. Protección contra incendios.....	124
17.11.15. Elementos de Protección Personal.....	125
17.11.16. Capacitación.....	125
17.11.17. Investigación de accidentes.....	125
17.12. Decreto 911/96-Reglamento de Higiene y Seguridad para la industria de la construcción.....	126
17.12.1. Disposiciones generales	126
17.12.2. Obligaciones del empleador.....	126
17.12.3. Obligaciones del trabajador.....	126
17.12.4. Legajo técnico.....	126
17.12.5. Infraestructura de obra.....	126
17.12.6. NORMAS GENERALES.....	127
17.12.7. NORMAS HIGIENICO AMBIENTALES	127
17.12.8. NORMAS EN DISTINTAS ETAPAS DE LA OBRA.....	127
17.12.9. Normas en equipos de la obra	127
17.13. RESOLUCIÓN 51/97	128
17.14. RESOLUCIÓN 51/97	128
17.15. ANEXO 1 – RES. 51/97.....	128
17.15.1. MECANISMO DE VERIFICACIÓN.....	128
17.16. RESOLUCION S.R.T. Nº 231/96.....	129

17.16.1.	CONDICIONES A CUMPLIR DESDE EL COMIENZO DE LA OBRA	129
17.16.2.	CONDICIONES A CUMPLIR DESDE EL COMIENZO DE LA OBRA	129
17.16.3.	CONDICIONES A CUMPLIR	129
17.16.4.	Horas asignadas al profesional de hys.....	129
17.16.5.	Legajo técnico.....	129
17.16.6.	Exigencias documentales a cumplimentar por las partes	130
17.17.	Riesgos en el ambiente laboral.....	130
17.17.1.	Riesgo por ruido.....	130
17.17.2.	Riesgo por vibraciones.....	135
17.17.3.	Riesgo por temperatura.....	137
17.18.	Gestión en seguridad	138
17.18.1.	Política	138
17.18.2.	Estrategia gerencial	139
17.18.3.	Identificación de peligros.....	139
17.18.4.	Inspección de seguridad	140
17.18.5.	Análisis y evaluación del riesgo.....	142
17.18.6.	Valoración de riesgos.....	142
17.18.7.	Metodologías para la evaluación de riesgos.....	142
17.18.8.	Grado de peligrosidad.....	145
17.18.9.	Grado de riesgo (GR).....	145
17.18.10.	Aproximación cualitativa para los grados de riesgos físicos.....	146
17.18.11.	Aproximación cualitativa para los grados de riesgos por temperatura	146
17.18.12.	Aproximación cualitativa para los grados de riesgos químicos	146
17.18.13.	Aproximación cualitativa para los grados de riesgos biológicos....	146
17.18.14.	Aproximación cualitativa para los grados de riesgos ergonómicos	147
17.18.15.	Aproximación cualitativa para los grados de riesgos psicolaborales	147
17.19.	Trabajos de alto riesgo	147
17.19.1.	Tipos de trabajo de alto riesgo	148
17.20.	Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos.....	160
17.21.	Equipos de protección personal.....	161
17.21.1.	Protección para la cabeza	162
17.21.2.	Protección facial.....	162
17.21.3.	Protección visual: gafas y monogafas	163
17.21.4.	Protección auditiva.....	163
17.21.5.	Protectores respiratorios	164
17.21.6.	Protectores corporales	165
17.21.7.	Protección corporal integral.....	165

17.21.8.	Protección de manos	166
17.21.9.	Protección de pies.....	166
17.21.10.	Controles contra el fuego.....	166
18.	Balance económico.....	170
18.1.	Estructura funcional de la empresa	170
18.1.1.	Organigrama	170
18.1.2.	Estructura Funcional	170
18.2.	Capital necesario para activos inmovilizados.....	180
18.2.1.	Método de Lang para calcular la inversión del capital fijo.....	181
18.3.	Capital Fijo	182
18.3.1.	Dotación.....	182
18.4.	Capital variable.....	184
18.4.1.	Capital de trabajo	184
18.4.2.	Costo producto en un período de 30 días de puesta en marcha.....	184
18.4.3.	Cuentas por cobrar	184
18.4.4.	Inversión total.....	184
18.4.5.	Amortización	185
18.4.6.	Consumos eléctricos de operación	185
18.4.7.	Consumos eléctricos de la planta.....	185
18.4.8.	Resumen de costos fijos y variables	186
18.4.9.	Punto de equilibrio	186
18.4.10.	Flujo libre de caja	187
18.5.	Rentabilidad del proyecto	187
18.5.1.	Cálculo de WACC	187
18.5.2.	Cálculo de VAN.....	188
18.5.3.	Cálculo de TIR	188
19.	ANEXOS.....	189
19.1.	Anexo I-Diagrama de Bloques.....	190
19.2.	Anexo II-Flowsheet.....	192
19.3.	Anexo III-P&ID.....	194
19.4.	Anexo IV-Isométrico	196
19.5.	Anexo V-LAYOUT	198
19.6.	Anexo V-Balance de Materia	200
19.7.	Anexo VI-Balance de energía.....	206
19.8.	Anexo VII-Tablas utilizadas	209
19.9.	Anexo VIII-Organigrama	212
19.10.	Anexo IV-Safety sheet.....	214
20.	Bibliografía	221

1. Objetivo

El siguiente trabajo proporciona información en referencia a la propuesta de instalar una planta capaz de producir Acetona a partir de la deshidrogenación de Alcohol Isopropílico (IPA). El proyecto surgió frente al estudio de un producto químico que no tuviera producción nacional, en un principio La acetona era producida por la empresa CARBOCLOR S.A. ubicada en la ciudad de Campana, Buenos Aires. Debido a cambios en la estructura de la empresa, ahora solo se encuentra en el rubro de logística y no produce más Acetona. Este producto es altamente utilizado como solvente, en preparados de pinturas y barnices y en el rubro cosmético. Es por esta razón que se eligió este compuesto para analizar su mercado nacional e internacional, y las distintas tecnologías para obtenerlo, y así, obtener una conclusión frente a la propuesta de instalar una planta para producir Acetona.

2. Introducción

2.1. Nombre del producto

Acetona

Formula molecular: **C₃H₆O**

2.2. Propiedades Físicas y Químicas

Sinónimos	Propanona, Dimetilcetona
Peso molecular	58,01 g/mol
Densidad	784 kg/m ³ a 20°C
Descripción Física	Aparece como un líquido claro, incoloro con un olor dulce, siendo menos denso que el agua.
	Líquido incoloro, volátil
Color	Incoloro
Olor	Olor frutado
Sabor	Punzante, dulce
Color	Líquido incoloro, volátil
Solubilidad	Miscible con agua, alcohol, éter, cloroformo y la mayoría de los aceites.

Tabla 2.2.1. Propiedades físicas y químicas de La acetona. **Fuente:** *National Center for Biotechnology Information (2022). PubChem Compound Summary for CID 180, Acetone. Retrieved May 21, 2022* from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetone>.

2.3. Representación gráfica

2.3.1. Representación gráfica de la molécula de la Acetona

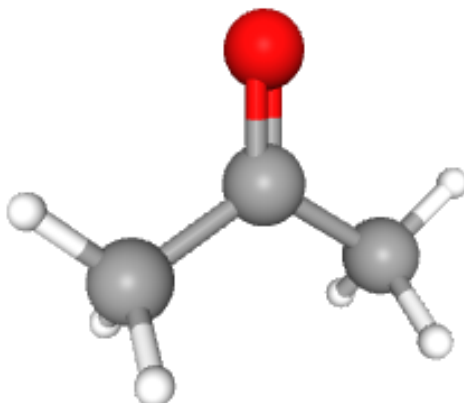


Figura 2.3.1.1. Representación de molécula de La acetona. **Fuente:** *National Center for Biotechnology Information (2022). PubChem Compound Summary for CID 180, Acetone. Retrieved May 21, 2022 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetone>.*

2.3.2. Representación gráfica de la molécula del Hidrógeno

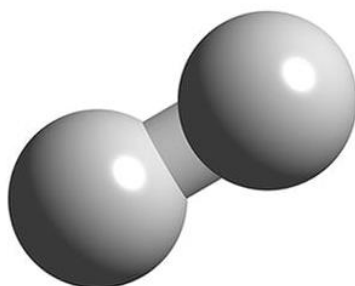


Figura 2.3.2.1 Representación de la molécula del Hidrógeno

2.3.3. Representación gráfica de la molécula del Oxígeno

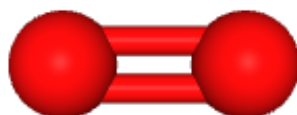


Figura 2.3.3.1 Representación gráfica de la molécula del Oxígeno

2.3.4. Fuentes de La acetona

La Acetona es una sustancia química presente en la naturaleza, contenida en plantas (cebollas, tomates, uvas), en alimentos tales como la leche, árboles, en los gases volcánicos, en incendios forestales; en el cuerpo humano, se encuentra como uno de los metabolitos de la sangre y como un producto de la descomposición de la grasa corporal. Está presente en los gases de combustión de los vehículos, el humo del tabaco y rellenos de seguridad.

Los procesos industriales aportan una mayor cantidad de acetona al ambiente que los procesos naturales.

2.3.5. Comparativa de La acetona frente al Agua

	Acetona	Agua
Definición	Es la cetona más simple, incolora, es un líquido altamente inflamable con un olor particular	Compuesto inorgánico, transparente, es un líquido inoloro, incoloro
Formula Química	C ₃ H ₆ O	H ₂ O
Producción	Producido por medio de la oxidación de 2-propanol en presencia de un catalizador de cobre	Derivado de una fuente natural
Usos	Producción de plásticos, cintas cinematográficas, tela de acetato, caucho sintético, algunas medicinas, como agente de limpieza en superficies contaminadas, solvente para pinturas, barnices,	Agricultura, necesidades industriales, producción de energía.
Presencia	En animales, plantas, caños de escapes, incendios forestales, gases volcánicos	Cubre alrededor del 71% de la superficie de la tierra.
Presencia en el cuerpo humano	Luego de una prolongada inanición, la cantidad de carbohidratos en el cuerpo se agota, la grasa se descompone lo que resulta en la producción de Acetona	70-75% del cuerpo humano

Tabla 2.3.5.1 Tabla comparativa de Acetona vs Agua

2.4. Aplicaciones

2.4.1. Uso Industrial

2.4.1.1. Producción de Bisfenol A

El Bisfenol A, 4,4 -isopropilidenodifenol se fabrica por condensación de 2 moles de fenol con 1 mol de acetona en presencia de un catalizador ácido. Como catalizador se utilizan cloruro de hidrógeno o poliestirenos reticulados sulfonados que normalmente se disponen como un lecho fijo sobre el que se hace pasar la mezcla de reacción. La reacción de fenol con acetona tiene lugar a 50 - 90 °C, la relación molar fenol - acetona es de hasta 15:1. El bisfenol A cristaliza como aducto con 1 mol de fenol, después de la separación del cloruro de hidrógeno por destilación o neutralización. Se prefiere el uso de intercambiadores de iones al de cloruro de hidrógeno porque son menos corrosivos. El rendimiento es normalmente 80-95% [1]:

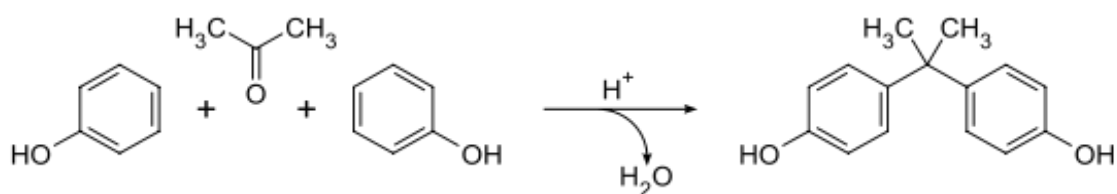


Figura 2.4.1.1.1. Reaccion para la obtención de Bisfenol A.

- Adhesivos y productos químicos sellantes
- Retardantes de llama
- Intermedios
- Productos químicos de laboratorio
- Aditivos para pinturas y aditivos para revestimientos no descritos en otras categorías
- Reguladores de proceso
- Propulsores y agentes de soplado

2.4.2. Producción de Metacrilato de Metilo

La acetona se condensa con cianuro de hidrógeno para formar Acetonacianhidrina, que luego se hidroliza con ácido sulfúrico para dar sulfato de metacrilamida. La reacción adicional con metanol produce metacrilato de metilo. Aproximadamente Se requieren 0,70 kg de acetona por kilogramo de metacrilato de metilo producido. Pueden producirse ésteres de metacrilato superiores ya sea por transesterificación de metacrilato de metilo o por esterificación de ácido metacrílico ; este último se hace por hidrólisis de sulfato de metacrilamida [1].

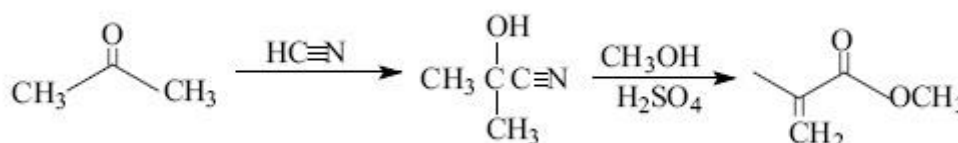


Figura 2.4.2.1. Reacción para obtener Metacrilato de Metilo

2.4.3. Uso Doméstico

- Construcción/materiales de construcción no cubiertos en otra parte
- productos electricos y electronicos
- Productos de tinta, tóner y colorantes
- Pinturas y revestimientos
- Productos de plástico y caucho no cubiertos en otra parte
- Juguetes, parque infantil y equipamiento deportivo.
- fabricación de cera

3. Estudio de Mercado

3.1. El estudio del mercado

Los objetivos del estudio de mercado son los siguientes [2]:

- Ratificar la existencia de una necesidad insatisfecha en el mercado, o la posibilidad de brindar un mejor servicio que el que ofrecen los productos existentes en el mercado.
- Determinar la cantidad de bienes o servicios provenientes de una nueva unidad de producción que la comunidad estaría dispuesta a adquirir a determinados precios.
- Conocer cuáles son los medios que se emplean para hacer llegar los bienes y servicios a los usuarios.
- Como último objetivo, tal vez el más importante, pero por desgracia intangible, dar una idea al inversionista del riesgo que su producto corre de ser o no aceptado en el mercado.

3.2. Mercado Mundial

El suministro de acetona tiende a ser excesivo a nivel mundial. En medio de la crisis de COVID-19, se prevé que el mercado mundial de acetona, estimado en 6,9 millones de toneladas en el año 2020, alcance un tamaño de 7,3 millones de toneladas para 2026, creciendo a una tasa anual del 0,9 %. Se proyecta que su uso como solvente, registre una tasa de crecimiento anual del 0,6 % y alcance los 2,5 millones de toneladas para el 2026. Después de un análisis exhaustivo de las implicaciones comerciales de la pandemia y su crisis económica, el crecimiento en el segmento de metacrilato de metilo se reajusta a una tasa anual compuesta de 0,9 % para un período de 7 años. La industria mundial de la acetona es impulsada principalmente por el rubro de los solventes, por el Metil Metacrilato y los derivados de Bisfenol A. Como se mencionó anteriormente el mercado más amplio de la Acetona se encuentra en el de disolvente consumió casi el 36% de la demanda mundial de acetona en 2019. Además, los principales mercados de uso de solventes son la fabricación de productos farmacéuticos, incluidas las vitaminas (vitamina C) y los antibióticos (cefalosporinas); plásticos reforzados con vidrio (PRFV); productos químicos de caucho; cosméticos (principalmente quitaesmalte); y disolvente de hilado para fibras de acetato de celulosa. En su mayor parte, los distribuidores manejan los usos de solventes para la acetona. En cosmética, la acetona utilizada como quitaesmalte sigue compitiendo con el acetato de etilo. El sector de los solventes es a menudo el último lugar donde termina la acetona, y se mueve allí solo si no se puede vender a otras aplicaciones de mayor valor. Durante los próximos cinco años, se espera que la demanda de aplicaciones de solventes crezca a una tasa promedio de 2.7% por año.[3]

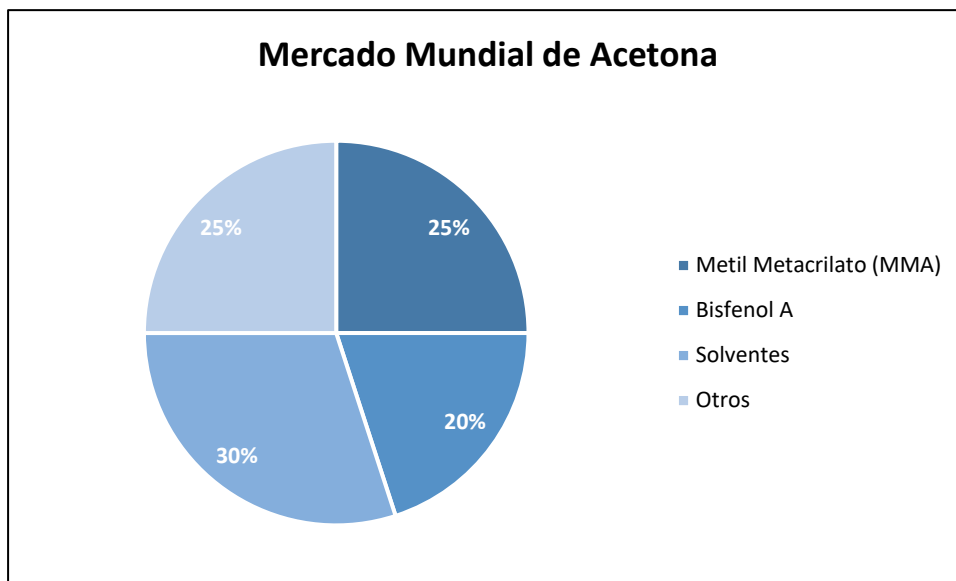


Gráfico 3.2.1 Mercado Mundial de La acetona. **Fuente:** <https://www.chemanalyst.com/industry-report/acetone-market-272>

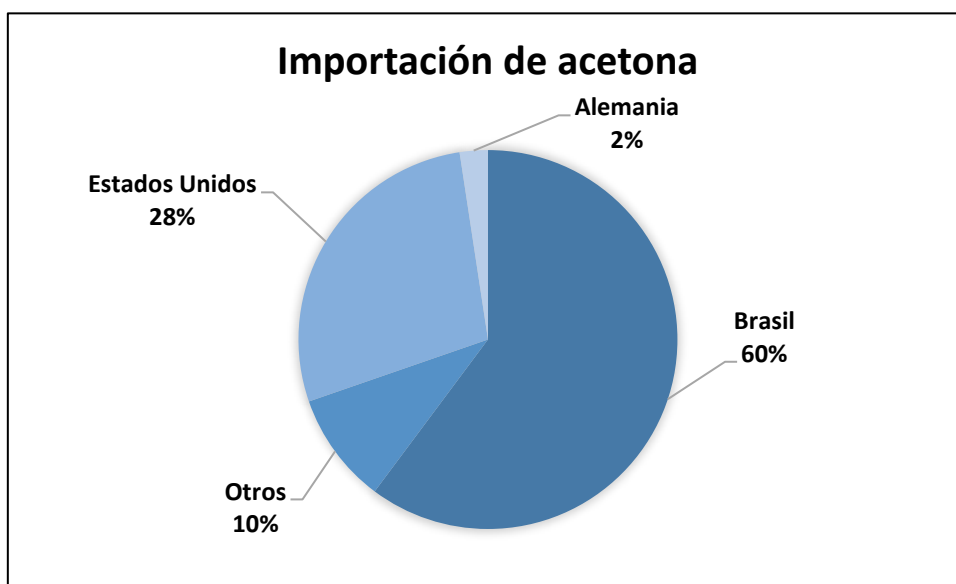
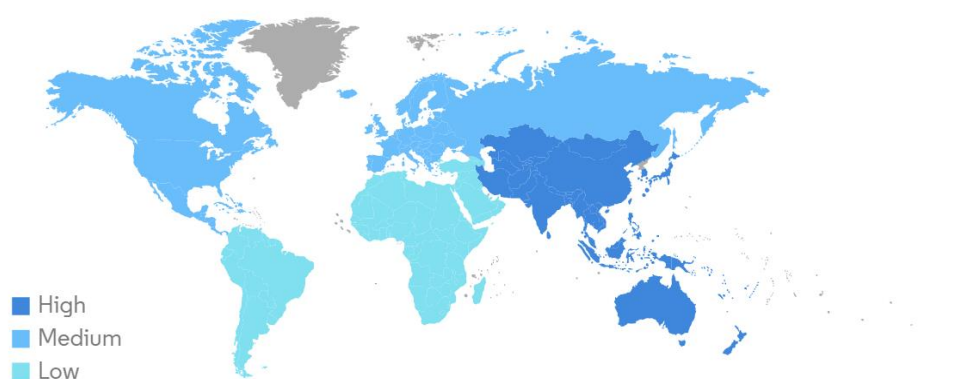


Gráfico 3.2.2 Análisis de importadores de acetona **Fuente:** <https://www.veritrade.com/es/Argentina/importaciones-y-exportaciones/acetona/291411>

- A mediano plazo, los principales factores que impulsan el mercado de la acetona son el uso creciente en la producción de productos para el hogar y el cuidado personal, la creciente industria electrónica en Asia-Pacífico y la creciente demanda de productos de policarbonato.
- Por otro lado, se espera que el aumento de la producción de metacrilato de metilo a partir de materias primas sin acetona y el aumento de las regulaciones de la Comisión Europea sobre el Bisfenol A obstaculicen el crecimiento del mercado.
- La región de Asia-Pacífico ha dominado el mercado y se espera que domine durante el período de pronóstico debido al aumento del consumo de países como China e India.

Acetone Market - Growth Rate by Region, 2022-2027



Source: Mordor Intelligence

**Figura 3.2.3** Crecimiento del mercado de la acetona por región. **Fuente:** Mordor Intelligence

3.3. Principales productores de Acetona a nivel mundial

1. LyondellBasell Industries Holdings B.V. (Rotterdam, Netherlands)
2. INEOS (London, UK)
3. Altiya (Texas, U.S)
4. Royal Dutch Shell Co. (The Hague, Netherlands)
5. Honeywell International Inc (North Carolina, U.S)
6. Mitsui & Co., Ltd. (Tokyo, Japan)
7. SABIC (Riyadh, Saudi Arabia)
8. KUMHO P&B CHEMICALS., INC. (Seoul, Korea)
9. Cepsa (Madrid, Spain)
10. Formosa Chemicals & Fibre Corp. (Changhua, Taiwan)
11. Borealis AG (Vienna, Austria)
12. PTT Phenol Company Limited. (Bangkok, Thailand)

13. Prasol Chemicals Pvt. Ltd. (Navi Mumbai, India)

14. Chang Chun Group (Taipei, Taiwan)

3.4. Mercado Nacional

3.4.1. Consumo Nacional Aparente

El principal propósito que se persigue con el análisis de la demanda es determinar y medir cuáles son las fuerzas que afectan los requerimientos del mercado respecto a un bien o servicio, así como establecer la posibilidad de participación del producto del proyecto en la satisfacción de dicha demanda. La demanda está en función de una serie de factores, como son la necesidad real que se tiene del bien o servicio, su precio, el nivel de ingreso de la población, y otros, por lo que en el estudio habrá que tomar en cuenta información proveniente de fuentes primarias y secundarias, de indicadores econométricos, etcétera. Para determinar la demanda se emplean herramientas de investigación de mercado, a la que se hace referencia en otras partes (básicamente investigación estadística e investigación de campo). Se entiende por demanda al llamado consumo nacional aparente (CAN), que es la cantidad de determinado bien o servicio que el mercado requiere, y se puede expresar como:

$$\text{Demanda} = \text{CAN} = \text{producción nacional} + \text{importaciones} - \text{exportaciones}$$

Ec (3.3.1.1)

3.4.1.1. Representación Gráfica del Consumo Aparente

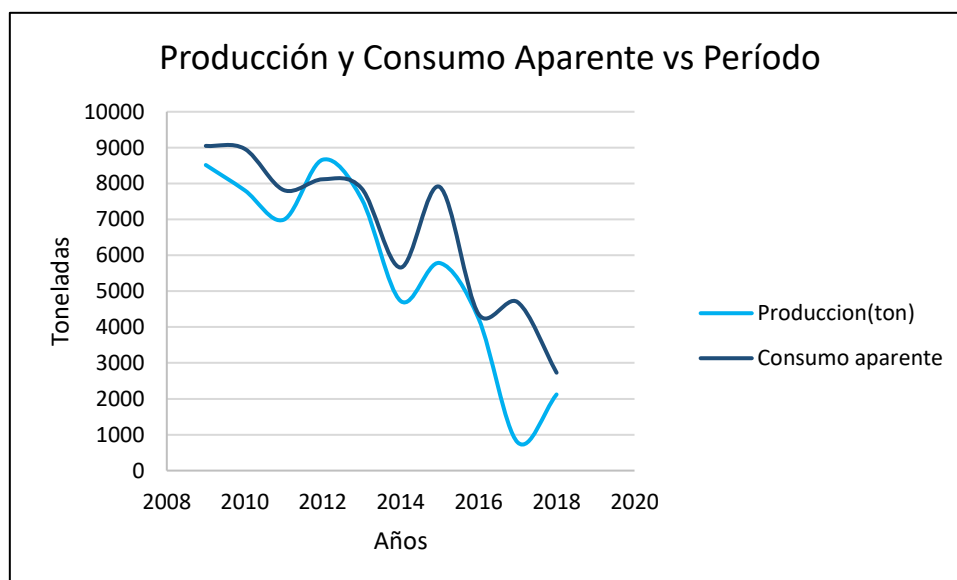


Gráfico 3.4.1.1- Representación del consumo aparente y producción vs Período. Fuente: IPA

Podemos observar que en el período del cual tenemos datos oficiales, el consumo aparente está a la baja. A su vez, la producción sigue la misma tendencia. Pero a partir del año 2017 aproximadamente comienza a subir.

3.4.2. Comparativa de Producción vs Consumo Aparente

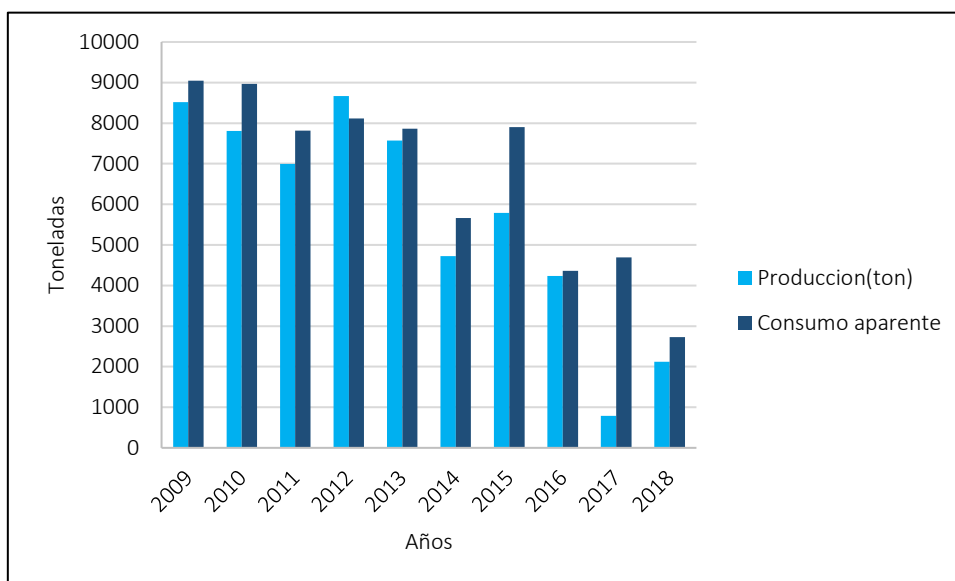


Gráfico 3.4.2.1 Representación del consumo aparente y producción vs Período. **Fuente:** IPA

3.4.3. Representación gráfica de las importaciones

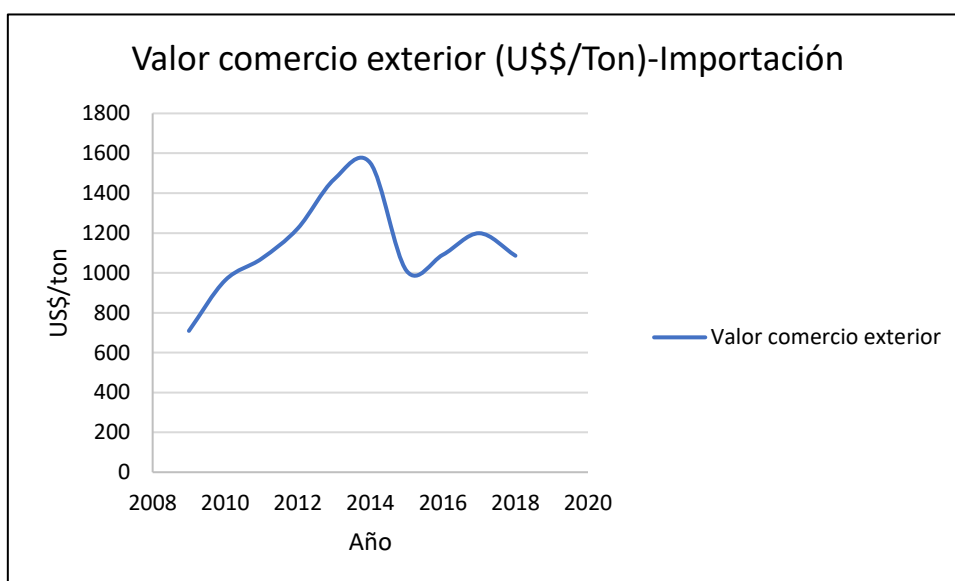


Gráfico 3.4.3.1 Representación de precio de las importaciones vs período. **Fuente:** IPA

En el siguiente gráfico podemos apreciar una escalada en el precio de la importación de acetona llegando a su pico máximo entre los años 2013 y 2014 para luego caer.

3.4.4. Representación gráfica de las exportaciones



Gráfico 3.4.4.1 Representación del valor de las exportaciones vs Período. **Fuente:** IPA

En el siguiente gráfico podemos observar que el precio de la exportación de la acetona creció entre los años 2013 y 2014.

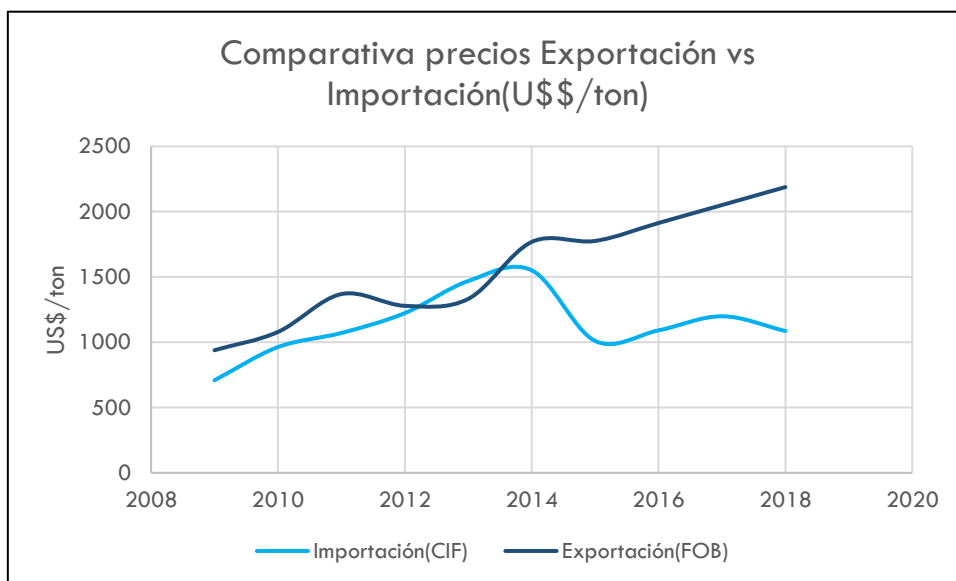


Gráfico 3.4.4.2- Representación de las exportaciones vs importaciones contra período. **Fuente:** IPA

3.4.5. Comparativa del valor de la exportación vs importación

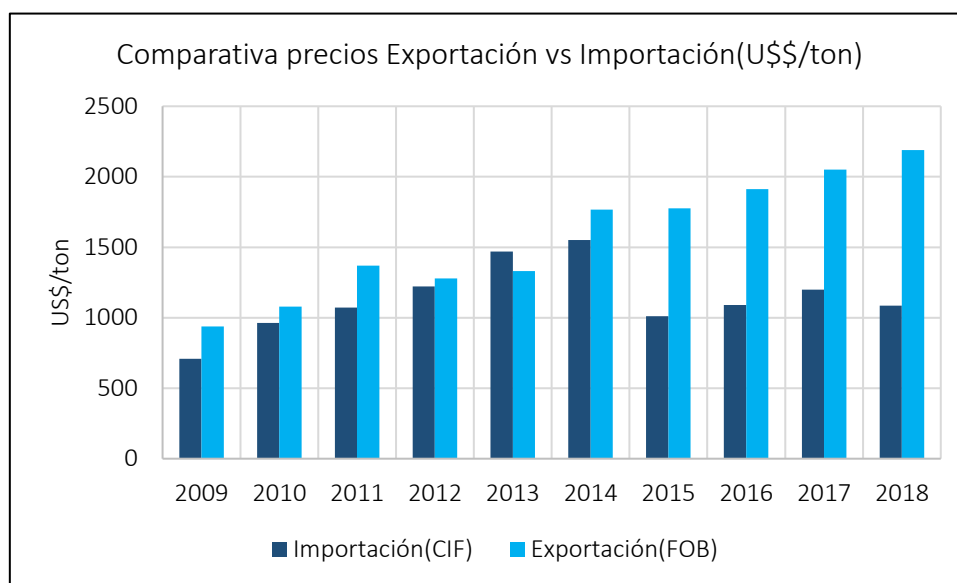


Gráfico 3.4.5.1 Representación de las exportaciones vs importaciones contra período.
Fuente: IPA

Vemos una tendencia de crecimiento en el precio de exportación (FOB), contra un nivel estable en el precio de la importación (CIF)

3.4.6. Usos de La acetona en nuestro país

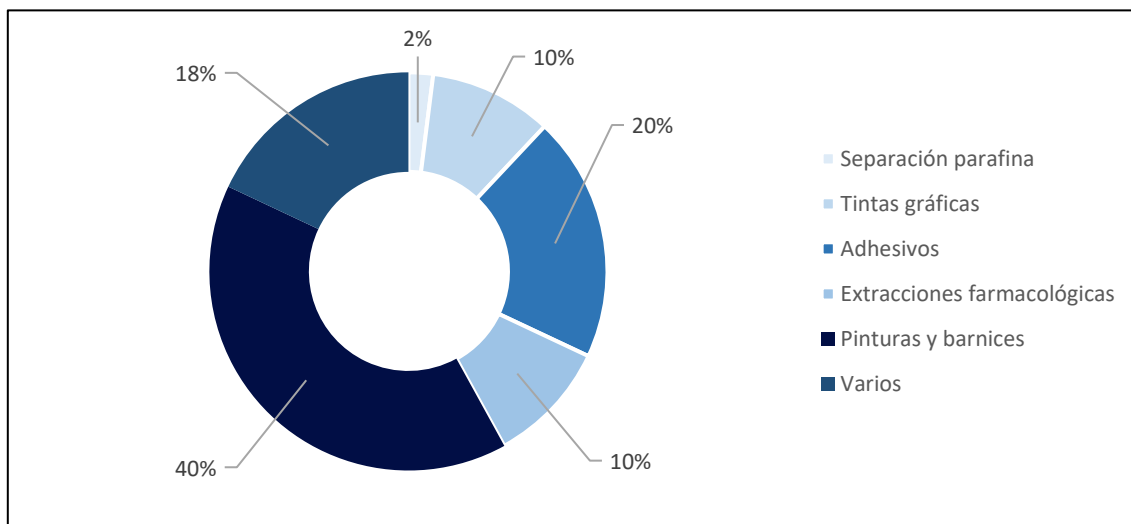


Gráfico 3.4.6.1. Usos de La acetona en La Argentina. Fuente: IPA

Observamos que el mayor consumo de La acetona en nuestro país es para su uso como solvente en la producción de pinturas y barnices. Luego le sigue la producción de adhesivos, tintas gráficas, extracciones farmacológicas y separación de parafinas. Además, vemos un 18% de su uso en varios procesos.

3.4.7. Proveedor de materia prima

Dentro de nuestro estudio surgieron las siguientes alternativas como proveedores de alcohol isopropílico, que es nuestra materia prima:

1. Dow

Con sede en Midland, MI, ofrece acetato de isopropilo de alta pureza y 99%, así como alcohol isopropílico anhidro en grados ACS, USP, federal y semiconductor. La compañía atiende a los sectores agrícola, automotriz, electrónico, de salud, industrial, institucional y de empaque.

2. ExxonMobil

La planta química Baton Rouge de ExxonMobil alberga la unidad de producción de IPA más grande del mundo, que produce millones de galones cada año. 2020 marca el centésimo año desde que ExxonMobil (Standard Oil of New Jersey en ese momento) introdujo por primera vez la producción y el suministro de IPA a escala comercial en el mercado.

3. LyondellBasell

En Houston, TX, Industries es una empresa química, plástica y de refinación que vende sus productos en más de 100 países. La empresa suministra alcohol isopropílico anhidro y grado USP, así como alcohol alílico, feniletílico, tebol 93 y tebol 99.

4. Linde

Se especializa en gases industriales e ingeniería. La empresa, con sede en Bridgewater, NJ, suministra productos químicos para la fabricación de productos electrónicos, incluidos alcohol isopropílico, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno y etanol, además de ofrecer formulaciones químicas especiales.

5. EcoLab

Con sede en St. Paul, MN, ofrece soluciones de alcohol isopropílico para desinfección en latas de 11, 16 y 32 oz para farmacias de compuestos. La compañía se especializa en productos de agua, higiene y tecnología para los mercados de servicio de alimentos, procesamiento de alimentos, hospitalidad, atención médica, industria y petróleo y gas.

6. Huntsman Corporation

Con sede en The Woodlands, TX, suministra alcohol isopropílico, así como otras materias primas y productos químicos, incluidos tensioactivos, acelerantes, emulsionantes, colorantes, antiespumantes, adhesivos y agentes antiestáticos. Atienden los mercados de transporte, vida hogareña, construcción, energía y combustibles, y vestuario y calzado

3.4.8. Selección de proveedor

Se optó por elegir a ExxonMobil como proveedor principal. La planta química Baton Rouge de ExxonMobil alberga la unidad de producción de IPA más grande del mundo, que produce millones de galones cada año. 2020 marca el centésimo año desde que ExxonMobil (Standard Oil of New Jersey en ese momento) introdujo por primera vez la producción y el suministro de IPA a escala comercial en el mercado.

3.4.9. Gross-Profit

El costo de producción en efectivo o Cash Cost (CCOP) es la suma de los costos de la producción fija y la producción variable:

$$COP = VCOP + FCOP \quad (\text{Ecuación 3.4.9.1})$$

Donde:

VCOP: suma de todos los costos variables de producción menos los ingresos por subproductos.

FCOP: suma de todos los costos fijos de producción.

El costo de producción en efectivo es el costo de fabricar productos, sin incluir ningún retorno del capital invertido. Por convención, los ingresos por subproductos suelen ser tomados como crédito e incluidos en el VCOP. Esto hace que sea más fácil determinar el costo como precio (\$) /masa de producto(kg).

La ganancia bruta (**Gross-Profit**) se define como:

Gross profit: Ganancia del producto principal - Costo de producción en efectivo

Si lo queremos en función del porcentaje:

$$\text{Gross - Profit (\%)} = \frac{\text{Ganancia del producto principal} - \text{Costo de producción en efectivo}}{\text{Ganancia del producto principal}} \quad (\text{Ecuación 3.4.9.1})$$

Ahora, tengamos en cuenta la estequiometría de nuestra reacción. Podemos observar que es uno a uno. Es decir, por cada mol de Alcohol isopropílico que consumamos obtendremos un mol de Acetona y un mol de Hidrógeno.

	(CH ₃) ₂ CHOH	(CH ₃) ₂ CO	+	H ₂
Mol	1	1		1
Peso Molecular (Kg/Kmol)	60,1	58,08		2
Kg	1034,779614	1000		35,63290683
Ton	1,034779614	1		0,035632907

Tabla 3.4.9.1. Balance estequiométrico para la obtención de una tonelada de producto.

Por lo tanto, nuestra tabla con los precios que se manejan en el mercado tanto del Alcohol Isopropílico como de La acetona, como del hidrógeno se representan en la

	(CH ₃) ₂ CHOH	(CH ₃) ₂ CO	H ₂
Precios(U\$\$/ton)	880	1201	1800
Consumido por rxn en toneladas de (CH ₃) ₂ CO	1,03	1	0,04
Costo de lo Consumido por rxn en toneladas de (CH ₃) ₂ CO	906	1201	64
Suma de Materia Prima	906		

Tabla 3.4.9.2. Resultados finales de los precios que demandará nuestro proyecto.

Por lo tanto, aplicando la **Eq 3.4.9.1** nuestra ganancia será de:

$$\text{GrossProfit} = \frac{1201 - 906}{1201} = 25\%$$

Con esto, podemos asumir que tendremos una ganancia del 25% lo cual es alentador. Debemos tener en cuenta que este análisis es preliminar y para nada riguroso.

3.4.10. Conclusiones Capítulo “Estudio de Mercado”

1. Vemos que el mayor uso de la acetona tanto en el mercado mundial, como nacional es como solvente. Luego, le siguen el uso como intermediario en la producción de Metil Metacrilato y en la de Bisfenol A.
2. En Argentina, el principal productor de acetona era CARBOCLOR, dado que no existe más, no tendríamos competidores a nivel nacional
3. El principal importador de acetona es Brasil, siguiéndole Estados Unidos. Si bien vemos que en Argentina la tendencia es la importación, podríamos aprovechar el hecho de no tener competidores en el país y su vasta versatilidad en el mercado.
4. De acuerdo a los datos del Consumo Aparente en nuestro país asumiremos una producción de 2728 ton/año.
5. Vemos un aumento el precio de la exportación (CIF), y una disminución en la importación (FOB).
6. Tendremos una ganancia bruta del 25% para nuestro producto, lo cual, es alentador.
7. Nuestra principal propuesta como proveedor será ExxonMobil.

4. Selección de Tecnología

4.1. Métodos alternativos

4.1.1. Oxidación de Cumeno

Se agrega propeno al benceno para formar cumeno, que es luego oxidado por aire a hidroperóxido de cumeno y se escinde en presencia de un catalizador ácido. El fenol y la acetona producidos en el proceso se recuperan por destilación. La alquilación del benceno por propeno se produce en las condiciones típicas de Friedel-Crafts.

El cumeno producido es purificado por medios químicos y refinado por destilación hasta un 99,9% de pureza mínima [1].

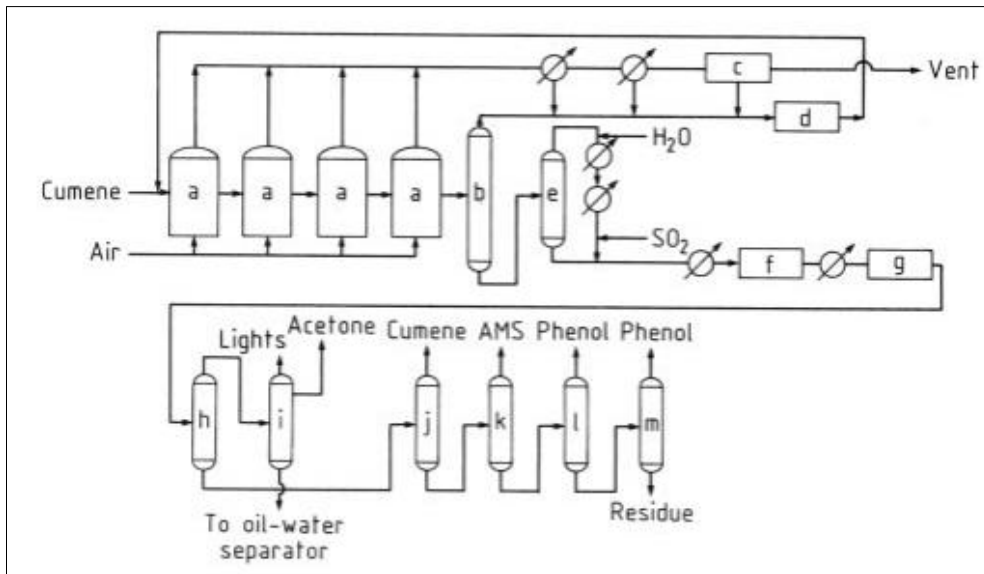


Figura 4.1.1.1. a) oxidantes; b) columna Flash; c) adsorbente de carbono; d) Extracción y lavado alcalino; e) Descomponedor de hidroperóxido de cumeno; f) Descomponedor de peróxido de dicumilo; g) intercambio de iones; h) Columna de acetona bruta; i) Columna de refinado de acetona; j) Columna de cumeno; k) columna de α-metilestireno; l) Columna de fenol; m) Columna de relleno de residuos de fenol
AMS = α-metilestireno

4.1.2. Deshidrogenación de 2-propanol

La hidratación del propeno da 2-propanol, que luego se deshidrogena a acetona. Una gran cantidad de catalizadores se han estudiado para la deshidrogenación, incluidos los metales de cobre, zinc y plomo, así como óxidos metálicos, por ejemplo, óxido de zinc, óxido de cobre, óxido de cobre activado por cromo, manganeso óxido y óxido de magnesio. Los catalizadores muy activos son los metales preciosos platino y rutenio o platino al 0,25% sobre alúmina activada con sodio. Los catalizadores son particularmente eficaces para la deshidrogenación de 2-propanol acuoso, que se obtiene por hidratación del propenol[1].

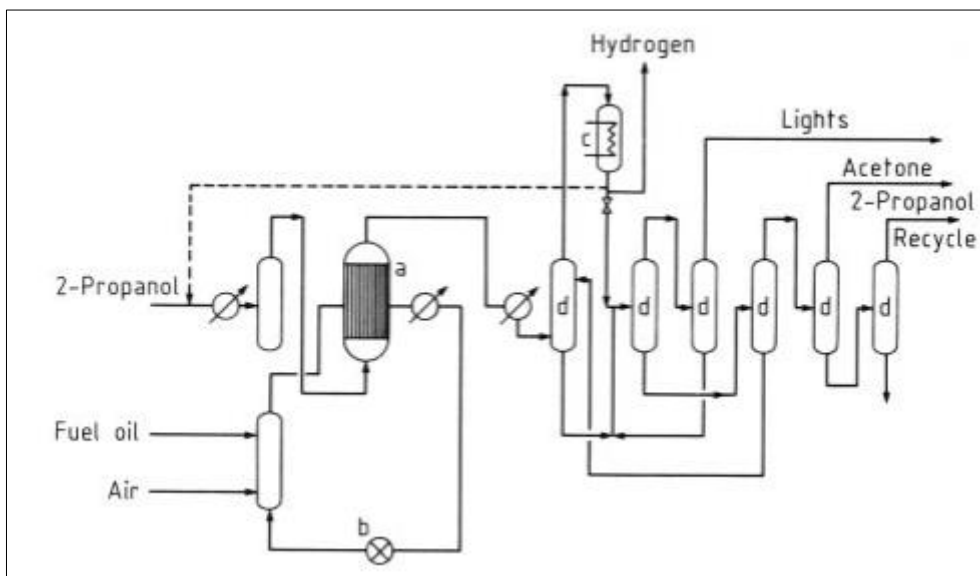


Figura 4.1.2.1. Producción de acetona mediante deshidrogenación de 2-propanol a) Reactor; b) Calentamiento; c) Enfriamiento; d) Columnas de destilación

4.1.3. Oxidación directa de Propeno (Wacker-Hoechst)

La oxidación directa de propeno (Wacker – Hoechst) actualmente se practica solo en Japón. Se produce una mezcla de acetona (92% de selectividad) y propionaldehído (2 - 4% de selectividad). El proceso es análogo a la oxidación de etileno a acetaldehído por el proceso de Wacker. La solución del catalizador normalmente contiene 0,045 M cloruro de paladio (II), cloruro de cobre (II) 1,8 M y ácido acético. La reacción se lleva a cabo en dos etapas alternas. En la primera etapa, se utiliza aire para oxidar los iones metálicos al estado de oxidación +2. En la segunda, el aire es eliminado y agregado de propeno. El paladio (II) oxida el propeno y el paladio resultante (I) es reoxidado por el charco de cobre (II). Las condiciones de reacción son 1 - 1,4 MPa (10 - 14 bar) y 110 - 120 °C. La conversión de propeno es mayor que 99%. [1]

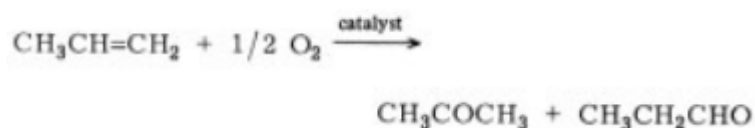


Figura 4.1.3.1. Reacción de oxidación directa de Propeno

4.1.4. Oxidación de p-diisopropil benceno

La acetona se coproduce con hidroquinona a partir de p-diisopropilbenceno en un proceso análogo a la producción de fenol-acetona a partir de cumeno. En el proceso de Goodyear el p-diisopropilbenceno se oxida con oxígeno en presencia de un cáustico. El dihidroperóxido de p-diisopropilbenceno formado se cristaliza y se lava con benceno. Luego se disuelve en acetona y se escinde en hidroquinona y acetona en presencia de ácido sulfúrico. A continuación, el ácido se neutraliza con amoníaco y se filtra el sulfato de amonio formado. La acetona se recupera por destilación de la mezcla de la reacción. Parte de esta acetona se recicla a la sección de escisión mientras que el resto pasa a través de una columna de acabado para la purificación a menos 99,5%. Eastman Chemical y Goodyear Tire & Rubber Company utiliza este proceso en los Estados Unidos [1].

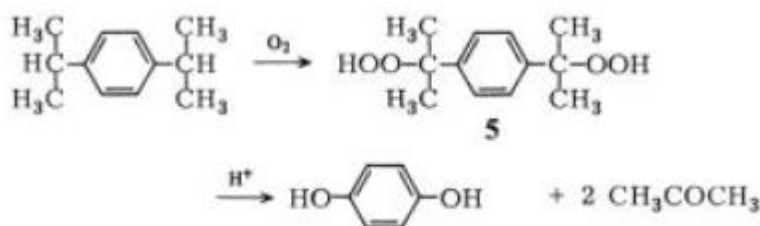


Figura 4.1.4.1. Reacción de oxidación de p-diisopropil benceno

4.1.5. Fermentación de biomasa

La fermentación de harina de maíz o melaza por varios miembros del género *Clostridium* produce una mezcla de 1-butanol, acetona y etanol en una concentración total del 2%. Los productos se recuperan mediante destilación al vapor y posterior fraccionado. El proceso se inició durante la Segunda Guerra Mundial para proporcionar la acetona necesaria para la fabricación de cordita.

La mezcla de butanol, acetona y etanol producido se ha considerado para su uso como sustituto de la gasolina en Francia. Investigación dirigida al aumentar la concentración de productos útiles obtenidos en el proceso se llevó a cabo en Estados Unidos a principios de la década de 1980.

El futuro del proceso de fermentación está ligado a la disponibilidad de materias primas petroquímicas. [1]

4.2. Tecnologías consideradas

4.2.1. Oxidación de cumeno

A pesar de las distintas variaciones existentes, la mayoría de métodos actuales se basan en cinco etapas[5]:

- Oxidación de cumeno a hidroperóxido de cumeno (HPC).
- Destilación y producción de HPC técnico.
- Descomposición de HPC.
- Separación y purificación de los productos de reacción.
- Hidrogenación de alfa metil estireno (AMS).

Implantandose la última etapa en caso de que el alfa metil estireno no sea de interés económico. La mayor ventaja de este proceso se encuentra en la alta selectividad hacia fenol y acetona, pudiendo superar en procesos actuales el 95% con respecto al cumeno y teniendo consumos energéticos equiparables o, en algunos casos, menores al de otros procesos contemporáneos.

A continuación, se realiza una explicación detallada de cada una de las etapas del proceso:

4.2.1.1. Oxidación del Cumeno

Cumeno de alta calidad es introducido en el sistema de reacción junto con aire, donde se produce la oxidación del cumeno a hidroperóxido de cumeno en medio básico seguido de la separación de la fase gaseosa restante tras la reacción. La cinética del proceso se encuentra definida por un mecanismo de cadena de radicales autocatalizado, y su selectividad es altamente afectada por la presencia de compuestos de azufre y fenol, que actúan como inhibidores de las reacciones de producción de hidroperóxido de cumeno. El proceso ocurre generalmente a alta presión y a temperaturas de entre 85 y 115°C. En esta etapa se desean conversiones cercanas a 0,2, pues a partir de ésta, la velocidad de producción del hidroperóxido comienza a decrecer de manera significativa hasta detenerse en conversiones cercanas a 0,35. Junto al producto principal, reacciones secundarias producen dimetil bencil alcohol (DMBA), trazas de acetofenona (AP) y ácidos orgánicos como el ácido fórmico, ácido benzoico o ácido acético. El cambio de pH que producen estos ácidos debe ser neutralizado para evitar la formación de fenol, por lo que en métodos clásicos se opta por la adición de hidróxido sódico. Actualmente existen métodos que sustituyen el hidróxido sódico por amoníaco, pues aporta entre otras ventajas, el no necesitar etapas posteriores para la separación de sales o que el amoníaco libre actúa como trampa química, reaccionando con los reactivos intermediarios de la producción de los ácidos orgánicos reduciendo su presencia.[5]

4.2.1.2. Destilación y producción de HPC técnico

En esta etapa la mezcla de hidroperóxido de cumeno al 20-25% en peso es concentrada hasta el 75-82% en peso creando una corriente de HPC técnico, que mas tarde será alimentada a la etapa de descomposición. Aunque se han planteado otros métodos de concentración del hidroperóxido de cumeno, la tecnología más empleada es la destilación mediante el uso de columnas de rectificación, pudiendo existir un paso previo de destilación flash. Puesto que a temperaturas superiores a 120°C el hidroperóxido de cumeno se degrada, es recomendable mantener las corrientes de salida del proceso de destilación a una temperatura comprendida entre 90 y 105°C. Este criterio es conseguido bajando la presión de los equipos de destilación, ya que, a presión atmosférica, el punto de ebullición del cumeno se encuentra a 152,4°C. Una vez finalizada la rectificación, el destilado de cabeza, compuesto principalmente de cumeno, es enfriado, comprimido y recirculado a la entrada del equipo de reacción, mientras que el HPC técnico pasa a la siguiente etapa del proceso. [5]

4.2.1.3. Descomposición de HPC

La descomposición de hidroperóxido de cumeno se produce en dos fases diferenciadas y mediante escisión catalítica en medio ácido. En la primera fase, generalmente compuesta por una serie de reactores tanque continuos, se produce la escisión catalítica del hidroperóxido de cumeno en fenol y acetona, produciéndose adicionalmente compuestos como peróxido de dicumilo, alfa metil estireno, cumilfenol o dimeros de metil estireno. La reacción ocurre en reactores isotérmicos a una temperatura de alrededor de 50°C y a presión atmosférica, con concentraciones de catalizador ácido que pueden variar desde el 0.003% hasta el 0.5% en peso según el método empleado.

Debido a que la reacción es muy exotérmica, esta etapa es considerada la más peligrosa del proceso, siendo necesario un estricto control de la temperatura y diseños de reactor específicos para este caso. Una vez conseguida una conversión del hidroperóxido de cumeno del 97-99%, el efluente pasa a la segunda fase del equipo de reacción, donde se realiza la escisión del peróxido de dicumilo en fenol, acetona y alfa metil estireno. Adicionalmente, se completa la conversión del hidroperóxido de cumeno restante. Esta etapa se realiza a una temperatura de alrededor de 120°C a presión atmosférica hasta alcanzar una conversión casi total del peróxido de dicumilo. De esta forma se consigue aumentar la selectividad del proceso y reducir los alquitranes de fenol generados.[5]

4.2.1.4. Separación y purificación

La mezcla resultante de la etapa de descomposición es destilada en una serie de torres de rectificación a baja presión hasta la calidad comercial deseada. Los productos de principal importancia a separar son fenol, acetona y alfa metil estireno (AMS). En el caso de existir una etapa de hidrogenación, no es necesario realizar la separación del alfa metil estireno, pues una vez reaccionado será recirculado como cumeno al inicio del proceso. Es de importancia que la primera columna de separación trabaje a presiones inferiores a la atmosférica con el fin de desplazar el azeótropo existente entre el fenol y compuestos como el cumeno o el alfa metil estireno. Esto se debe a que el fenol que no pueda ser separado de los compuestos más ligeros terminará siendo recirculado a la primera etapa del proceso donde actuará como inhibidor de la reacción. Entre los valores de concentración de acetona comercial de alta calidad se ha optado por un diseño para la obtención de acetona al 99,5%, donde por condiciones del proceso el compuesto secundario mayoritario es agua. Por otro lado, la concentración del fenol debe ser alta, pues pequeñas impurezas pueden llevar a una degeneración notable del color del producto, parámetro utilizado comúnmente para la determinación de su calidad. Por ello se buscan concentraciones superiores al 99.99% en peso.[5]

4.2.1.5. Hidrogenación de AMS

Esta última etapa es opcional y está destinada a la reutilización del AMS generado durante el proceso cuando no existe un interés particular en su obtención o se considera que no existe suficiente rentabilidad económica para su venta en mercado. El cumeno crudo, obtenido en la etapa de separación, con hasta un 10% en peso de alfa metil estireno es introducido junto con hidrógeno gas a un equipo de reacción catalítico donde, en contacto con paladio, se obtiene la hidrogenación selectiva de AMS a cumeno con conversiones de hasta 0,95. La reacción suele realizarse a presiones entre 3 y 10 atmósferas y a temperaturas de entre 60 y 90°C, existiendo una gran dependencia de la velocidad de reacción con la presencia de trazas de agua o polímeros de AMS, que actúan como venenos para el catalizador. Una vez finalizada la etapa de reacción, la fase líquida de la corriente resultante es separada y recirculada al inicio del proceso[5]

4.2.2. Deshidrogenación de 2-propanol

La reacción endotérmica en fase gaseosa convierte el IPA en acetona e hidrógeno. El proceso consiste de un vaporizador, reactor tubular, tanque flash, absorbedor y dos columnas de destilación. La alimentación fresca es una mezcla de IPA y agua. Se combina con una pequeña corriente de reciclo de IPA/agua, vaporizada, y se alimenta al reactor en fase de vapor, éste se calienta con sal fundida a alta temperatura. El efluente del reactor se enfría y se alimenta a un tanque flash. El gas del tanque contiene la mayor parte del hidrógeno, pero también algo de acetona. Esta mezcla gaseosa se alimenta a un absorbedor en el que se utiliza una corriente de agua para recuperar la acetona. Los líquidos del fondo del absorbedor y la columna de destilación flash se alimentan a la primera columna de destilación, que produce acetona de alta pureza por la parte superior. También hay una corriente de ventilación de vapor que sale del tambor de reflujo de esta columna para eliminar la pequeña cantidad de hidrógeno disuelto en la alimentación. La segunda columna de destilación produce fondos de agua de alta pureza y un destilado con una composición cercana azeotrópica de IPA/agua, que se recicla de nuevo al vaporizador.[6]

4.2.2.1. Vaporizador

La alimentación fresca se introduce en un vaporizador junto con una corriente de reciclado que es 65% mol IPA y 35% molar de agua. El vaporizador opera a 2,6 atm y 389 K (1,5 atm). El vapor a baja presión a 433 K puede ser utilizado como fuente de calor en el vaporizador. [6]

4.2.2.2. Reactor

La corriente de vapor se alimenta a un reactor tubular. que contiene por diseño 450 tubos, de 0,0504 m de diámetro y 6,096 m de largo. El calor de reacción endotérmico lo proporciona un medio de calentamiento de sal fundida a 624 K. [6]

4.2.2.3. Intercambiadores y absorbedor.

El efluente del reactor se enfría con agua de refrigeración a 318 K y luego es enfriado hasta 293 K usando un fluido refrigerante. Una temperatura baja ayuda para reducir la pérdida de acetona en la corriente de gas que sale del tanque flash y posteriormente en el gas de escape del absorbedor. [6]

4.2.2.4. Tanque Flash

Se utiliza un tanque flash para lograr separar las fases líquidas y gaseosas y luego combinarlas con la columna de absorción. El tanque opera a las mismas condiciones que la torre de absorción[6]

4.2.2.5. Absorbedor

El absorbedor contiene 10 etapas al cual se le alimenta agua a condiciones normales de presión y temperatura. El mismo opera a una presión de 1,5 atm y una temperatura de 320 K[6]

4.2.2.6. Columna 1

La columna por diseño tiene 67 etapas y se alimenta en la etapa 54, que es la óptima etapa de alimentación para minimizar la entrada de calor al rehervidor. La presión de operación es de 1 atm, lo que da una temperatura del tambor de reflujo de 320 K, por lo que se puede utilizar agua de refrigeración en el condensador de reflujo [6]

4.2.2.7. Columna 2

La columna tiene 20 etapas y es alimentado en la etapa 16. La presión de operación es de 1 atm, lo que da temperatura del tambor de reflujo de 353 K. [6]

4.2.2.8. Comparativa entre tecnologías

Factor relevante	Peso asignado	Cumeno		Alcohol Isopropílico	
		Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
Materia Prima	0,33	7	2,31	6	1,98
Presión	0,25	3	0,75	2	0,5
Temperatura	0,2	3	0,6	6	1,2
Toxicidad	0,15	3	0,45	8	1,2
Complejidad tecnológica	0,03	3	0,09	6	0,18
Suma	0,96		4,2		5,1

Tabla 4.2.2.8.1 Análisis de tecnologías. **Fuente:** Elaboración Propia.

4.3. Producción de la materia prima (Alcohol Isopropílico)

4.3.1. Hidratación indirecta

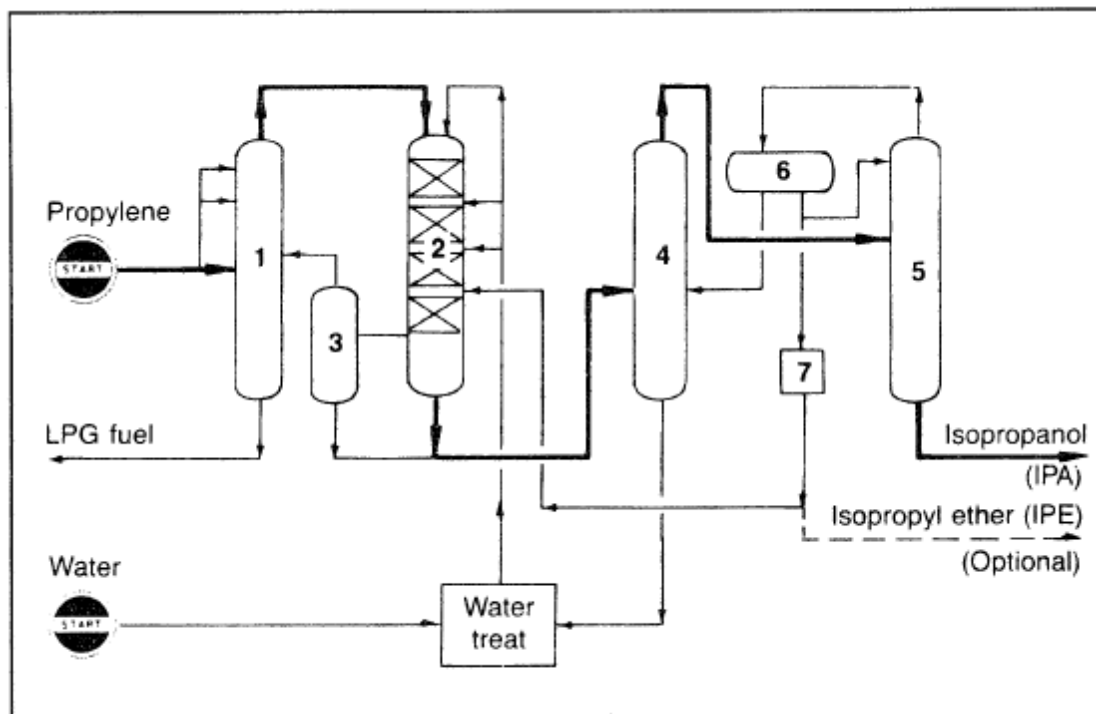


Figura 4.3.1.1. Diagrama de flujo para la hidratación de propileno a isopropanol:16 (1) columna de recuperación de propileno, (2) reactor, (3) columna de separación de gases residuales, (4) columna de destilación azeotrópica de isopropanol acuoso, (5) columna de secado, (6) separador de éter isopropílico, (7) extracción de éter isopropílico.

El isopropanol (2-propanol) es un importante alcohol de gran utilidad sintética. Es el segundo alcohol en volumen más grande después del metanol (la producción de EE. UU. en 1998 fue de aproximadamente 1.500 millones de libras) y fue el químico clasificado en el puesto 49. El isopropanol, bajo el nombre de "alcohol isopropílico", fue el primer químico industrial sintetizado a partir de una olefina derivada del petróleo (1920).

La producción de isopropanol a partir de propileno se produce mediante una reacción de hidratación directa (el método más nuevo) o mediante la reacción de sulfatación más antigua seguida de hidrólisis. En el método de hidratación directa, la reacción podría efectuarse en un proceso líquido o en fase de vapor. La reacción ligeramente exotérmica genera 51,5 KJ/mol.

En el proceso de fase líquida, se utilizan altas presiones en el rango de 80 a 100 atmósferas. Una resina de intercambio catiónico de poliestireno sulfonado es el catalizador comúnmente utilizado a aproximadamente 150°C. Se puede lograr un rendimiento de isopropanol del 93,5 % con una conversión de propileno del 75 %. El único subproducto importante es el éter diisopropílico (alrededor del 5%).

La hidratación en fase gaseosa, por el contrario, se realiza a temperaturas superiores a 200°C y aproximadamente a 25 atmósferas. El proceso ICI emplea WO₃ sobre un soporte de sílice como catalizador[7].

5. Descripción técnica del proceso

El proceso predominante para la producción de acetona es como subproducto de la fabricación de fenol. El benceno se alquila a cumeno, el cual se oxida a hidroperóxido de cumeno y finalmente se escinde para producir fenol y acetona. Sin embargo, el proceso que se analiza aquí utiliza alcohol isopropílico (IPA) como materia prima. Esta es una alternativa comercial, y algunas plantas continúan operando usando este proceso. La principal ventaja de este proceso es que la acetona producida no contiene trazas de compuestos aromáticos, particularmente benceno.

La reacción para producir acetona a partir de IPA es la siguiente:



Teniendo en cuenta nuestro flowsheet una mezcla azeotrópica de alcohol isopropílico y agua (88% en peso de IPA) se alimenta a un recipiente de compensación (V-6) a 25°C y 1.01 bar, donde se combina con la mezcla (IPA/agua) reciclada sin reaccionar que se encuentra a 83°C y 1,2 bar de presión. Esta mezcla es impulsada a través de una bomba (P-16) saliendo de la misma con una temperatura de 32°C y una presión de 2,30 bar. Luego pasa por un vaporizador (E-21), este vaporizador opera a 2,16 atm dado que el absorbedor (T-7) aguas abajo es operado a una baja presión, por lo tanto, la salida del evaporador es a una temperatura de 234 ° C y una presión de 2,16 bar. Por lo tanto, estas serán las condiciones de entrada al reactor (R-5). El reactor (R-5) es un reactor tubular de lecho fijo catalítico. El mismo contiene 450 tubos de 0,0504 m de diámetro y una longitud de 6,096 m, se proporciona calor al reactor dada la condición de endotermia de la reacción a través de una corriente de sal fundida calentada en un horno (E-4) por medio de aire y gas natural. Esta sal entra al reactor con una temperatura de 407°C y una presión de 2,66 bar y sale del mismo a una temperatura de 357°C y una presión de 3 bar. El efluente del reactor sale a una temperatura de 350 ° C y 1.91 bar de presión, el mismo contiene acetona, hidrógeno, agua, e IPA sin reaccionar. Luego, es enfriado en un primer intercambiador (E-1) con agua de proceso saliendo a una temperatura de 45°C y una presión de 1.77 bar, una baja temperatura ayuda a reducir la pérdida de acetona en el efluente de gas que deja al separador flash (E-22) y subsecuentemente en el gas de salida del absorbedor (T-7), a estas condiciones entra al segundo intercambiador (E-13), el cual es un condensador parcial para salir a una temperatura de 20°C y una presión de 1,63 bar. El vapor saliente del separador flash (E-22) que opera a 20 ° C y 1.63 bar se lava con agua que entra al absorbedor (T-7) a una temperatura de 25 ° C y una presión de 2 bar. Esta operación se lleva a cabo para recuperar acetona adicional la misma se lleva a cabo a una presión 1,5 bar luego, este líquido, se combina con el líquido del separador flash y es enviado a las unidades de separación (C-12) Y (C-13). Dos torres son utilizadas para separar el producto de acetona en la primer torre (C-12) que opera a presión atmosférica se logra obtener (99,9% molar) de acetona la misma está compuesta por 69 platos y para eliminar el exceso de agua del IPA no utilizado se utiliza la columna (C-13) la misma está compuesta de 20 platos y opera a presión atmosférica el agua de desecho se libera a una presión de 1,26 bar y 45°C .Para finalizar, la mezcla azeotrópica que sale de la columna (C-13) se recircula al recipiente de compensación y se mezcla con la corriente fresca de IPA que luego entrará al reactor (R-5).[8]

5.1. Balance Global

Para el balance de masa global se considerará la reacción principal, basándonos en la expresión:

[Entrada componente i]- [Salida componente i]+ [Generación debido a la reacción química del componente i]- [Consumo del componente i]=[Acumulación]

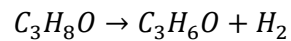
Si sabemos que nuestro sistema se encuentra en estado estacionario entonces el termino de acumulación quedaría anulado y, por lo tanto:

[Entrada componente i] + [Generación debido a la reacción química del componente i]- [Consumo del componente i]= [Salida componente i]

Nuestras especies son:

1. Alcohol isopropílico
2. Hidrógeno
3. Acetona
4. Agua

Y la reacción general es:

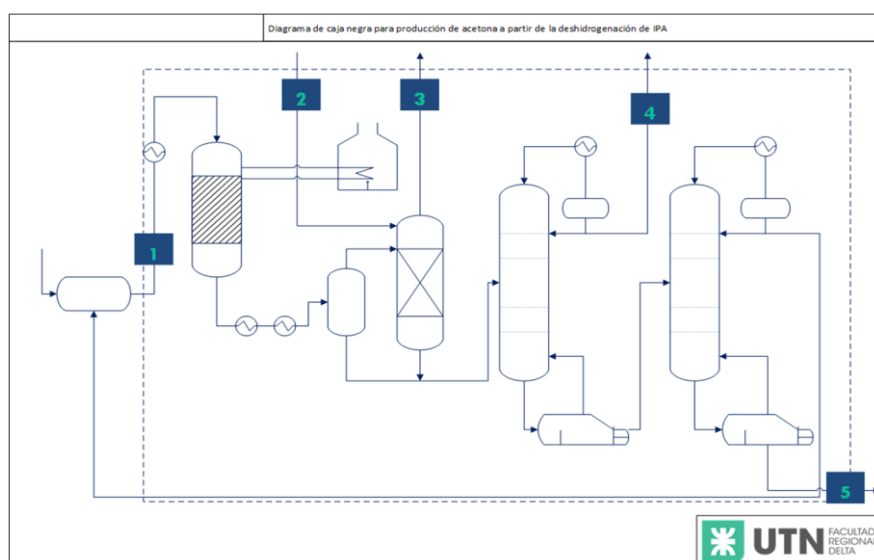


El resultado final de nuestro balance de materia arrojó los siguientes resultados, teniendo en cuenta el diagrama de la Figura:

Caudal molar (Kmol/h)	1	2	3	4	5
IPA	13,4	-	0,001	-	0,0087
Acetona		-	0,431	5,509	-
Hidrógeno		-	5,940	-	-
Agua	6,6	1	0,423	0,01	0,000999
Total	20	1	6,795	5,51	8,69

Fracción molar	1	2	3	4	5
IPA	67%	-	0,02%	-	0,1%
Acetona	-	-	6%	99,9%	-
Hidrógeno	-	-	87%	-	-
Agua	33%	1%	6%	0,1%	99,9%

Caudal másico(kg/h)	1	2	3	4	5
IPA	805,34	0	0,08	0	0,5
Acetona	0	0	24,9	319,5	0
Hidrógeno	0	0	5,9	0	0
Agua	118,9	1	7,6	0,09	0,01
Total	924,2	1	38,6	319,6	0,5

Tabla 5.1.1 Resultados del balance de caja negra**Ilustración 5.1.1.** Flowsheet preliminar

6. Localización de Planta

6.1. Estudio de la localización de Planta

El objetivo general de este punto es, por supuesto, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta [2].

6.2. Método cuantitativo por puntaje

1. Desarrollar una lista de factores relevantes.
2. Asignar un peso a cada factor para indicar su importancia relativa (los pesos deben sumar 1.00), y el peso asignado dependerá exclusivamente del criterio del investigador.
3. Asignar una escala común a cada factor (por ejemplo, de 0 a 10) y elegir cualquier mínimo.
4. Calificar a cada sitio potencial de acuerdo con la escala designada y multiplicar la calificación por el peso.
5. Sumar la puntuación de cada sitio y elegir el de máxima puntuación

6.3. Resultado del estudio cuantitativo por puntaje

Factor relevante	Peso asignado	Parque industrial Zárate		Parque industrial Campana		Parque industrial Escobar	
		Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
Materia prima disponible	0,33	7	2,31	5	1,65	5	1,65
Mano de obra disponible	0,25	3	0,75	3	0,75	2	0,5
Costo de los insumos	0,2	5,5	1,1	4	0,8	3	0,6
Costo de la vida	0,04	8	0,32	7	0,28	5	0,2
Cercanía del mercado	0,15	8	1,2	7	1,05	5	0,75
Complejidad ambiental	0,03	4	0,12	3	0,09	6	0,18
Suma	1		5,8		4,62		3,88

Tabla 6.3.1 Estudio cuantitativo por puntaje. **Fuente:** Elaboración propia

Por lo tanto, nuestro análisis arroja que la mejor opción será instalar la planta en el Parque industrial de Zárate “Paraná de las Palmas”.

6.4. Parque Industrial “Paraná de las palmas”

Se trata de un emprendimiento de 200 ha. Dotado con infraestructura de primer nivel, ubicado en el partido de Zárate, Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

Se encuentra en una zona de cota alta (22 mts. sobre el Río Paraná de las Palmas), a 2.000 mts. de las Terminales Portuarias (Terminal Zárate) y a 5 Km de la Autopista Panamericana (Ruta Nacional 9 km. 90,500); linda con las vías del Ferrocarril Mitre con desvío ferroviario de carga de contenedores (Nuevo Central Argentino). A 2.000 mts. del centro de la ciudad de Zárate (Centro Cívico y Bancos)[4].

6.4.1. Accesos

✓ MERCOSUR

Punto Focal de ingreso a la Mesopotamia a través del puente internacional Zárate-Brazo Largo y conexión directa al Mercosur.

✓ BUENOS AIRES - LA PLATA

Con acceso inmediato al anillo logístico Ruta AU6 que vincula Zárate con la ciudad de La Plata sin necesidad de penetrar en la Capital Federal y sin peajes.

✓ CUYO - CHILE

Vincula con Mendoza y toda la Región Cuyana Argentina y Chile con la consecuente salida al Pacífico.

✓ NOA - CORDOBA - ROSARIO

Acceso directo al Núcleo agroindustrial y los polos industriales más estratégicos del país.

6.4.2. Servicios del Parque

6.4.2.1. ACCESOS INTERNOS

En Hormigón de alta resistencia (H30) con cordón y cuneta que permite tránsito pesado.

6.4.2.2. ENERGÍA ELECTRICA

Tendido de media tensión en 13,2 KVA suministrado por la cooperativa Eléctrica de Zárate.

6.4.2.3. GAS

Disponibilidad de conexión a gasoducto interno, la distribuidora de la zona es Naturgy Argentina

6.4.2.4. COMUNICACIONES

Acceso a telefonía y datos con fibra óptica.

6.4.2.5. AGUA

Disponibilidad de agua subterránea de alta calidad que ha motivado la radicación de industrias que utilizan este recurso por sus propiedades.

6.4.2.6. BENEFICIOS IMPOSITIVOS

6.4.2.6.1. Municipales

Derechos de Construcción, ABL, Tasa de Seguridad e Higiene y Vial.

6.4.2.6.2. Provinciales

Tasa preferencial en Ingresos Brutos, Impuesto Inmobiliario, Sellos, Exención automotores utilitarios (hasta 5 unid.)

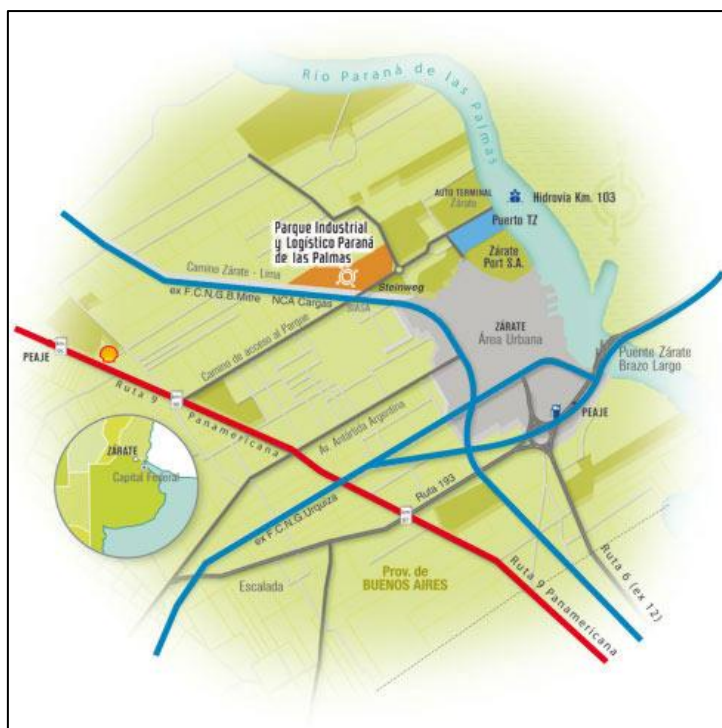


Gráfico 6.4.1 Localización del parque "Paraná de las Palmas"

6.4.2.7. PLAN DE FACTIBILIDAD Y OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Aprobadas por la Dirección de Parques Industriales, de Ministerio de Industria de la Provincia de Buenos Aires conforme Ley 13.744 de Parques Industriales.

6.4.2.8. PROMOCIÓN IMPOSITIVA PROVINCIAL

En Zarate, hasta 7,5 años para empresas que se radiquen en Parques Industriales aprobados por decreto.

6.4.2.9. ESCRITURACIÓN INMEDIATA

Todos los lotes disponibles están aptos para su escrituración inmediata.

6.4.2.10. ACCESO A FINANCIACIÓN

La desarrolladora del Parque puede proveer financiación hipotecaria hasta el 50% del valor del lote con plazos y tasas muy favorables en comparación con financiaciones bancarias tradicionales.

6.4.2.11. ADUANA

El Partido de Zárate dispone de aduana permitiendo a las empresas que trabajan con comercio exterior evitar concentrar estas actividades en otros sitios más lejanos.

6.4.2.12. BANCOS

Los principales bancos se encuentran la Ciudad de Zarate a solo minutos del Emprendimiento.

6.4.2.13. BOMBEROS

A pocos minutos se encuentra la dotación de bomberos de Zárate

6.4.2.14. SERVICIOS DE SALUD

Un hospital y una clínica privada a minutos del emprendimiento

6.4.2.15. PERÍMETRO ARBOLADO

El perímetro del Parque se encuentra totalmente arbolado dando un entorno agradable a la vista y encuadrado en un concepto ecológico.

6.4.2.16. DESAGÜES PLUVIALES E INDUSTRIALES

El emprendimiento dispone de desagües pluviales e industriales.

6.4.2.17. LUMINARIAS EN CALLES INTERNAS

Las principales calles internas están alumbradas.

6.4.2.18. ACCESO CON VIDEOVIGILANCIA

Puesto de videovigilancia en acceso principal al parque industrial.

7. Ingeniería de Procesos

En el siguiente capítulo se hará una descripción del proceso para la producción de **Acetona** por medio de la deshidrogenación de **Alcohol Isopropílico (IPA)**. Cabe destacar que el proceso de producción de Acetona presentado en el siguiente documento es una modificación del proceso propuesto por Richard Turton [9], la construcción del P&ID se tomó de [10]. Para realizar los balances de materia y energía se optó por utilizar el simulador ASPEN PLUS V11®. Cabe destacar que se tomaron algunas modificaciones de aquellas propuestas en el **Capítulo 7**.

7.1. Diagrama de bloques

El diagrama de bloques se encuentra como Anexo I-Diagrama de bloques.

7.2. Diagrama de flujo (Flow sheet)

El diagrama de flujo se encuentra como Anexo II-Flowsheet.

7.3. Diagrama P&ID (Piping and Instrumentation)

El diagrama de flujo se encuentra como Anexo III-P&ID.

7.4. Balances de masa y energía

La tabla de balances de masa y energía se encuentra en el apartado titulado como Anexo IV- Balance de masa y como Anexo V - Balance de energía.

7.4.1. Descripción del proceso

El siguiente capítulo tiene como propósito realizar la descripción detallada del proceso. Cada corriente y equipo mencionado estará correlacionado/o con el diagrama P&ID mencionado anteriormente, el cual se encuentra en el Anexo III. Los balances de masa y energía se encontrarán en el Anexo V y Anexo VI.

7.4.2. Acondicionamiento de materia prima

Una mezcla azeotrópica de Alcohol Isopropílico (IPA) y Agua cuya composición molar es de 67% y 33% respectivamente, alimentadas a través de los tanques V-0001 que contiene al Alcohol isopropílico y V-0002 que contiene al agua se mezcla en el tanque V-001 a una temperatura de 25 °C y una presión de 1 atm con un flujo másico de 200,45 kg/h y 1357,63 kg/h respectivamente. Esta mezcla es impulsada por la bomba P-1101 al tanque de mezcla V-1102 quien recibe tanto la materia prima como la recirculación de la mezcla azeotrópica que abandona a la torre T-1103 (Corriente 48) a una temperatura de 79,2°C y una presión de 1 atm, con un flujo másico de 1146,53 kg/h y una composición molar de Alcohol Isopropílico de 64% y una composición molar de Agua de 35%. La suma de ambas corrientes abandona el tanque horizontal V-1102 (Corriente 5) a una temperatura de 35,3 °C y una presión de 1 atm con un flujo másico de 1730 kg/h. Esta corriente (Corriente 5) es impulsada por medio de la bomba P-1102 hasta alcanzar una presión de 2 atm y una temperatura de 35,4°C (Corriente 6), esta presión es a la que trabajará el reactor R-1101. Esta corriente ingresa al evaporador E-1101 del tipo Kettle Reboiler donde se evaporará completamente (Corriente 7). Esta mezcla abandona el evaporador E-1101 a una temperatura de 104,9 °C, dicha temperatura es la temperatura de burbuja de la mezcla. Dado que el vapor tiene una

temperatura de 104,9 °C, el mismo se debe calentar hasta una temperatura de 356 °C (temperatura de operación del reactor), mediante el intercambiador E-1102 antes de ingresar al reactor R-1101 (Corriente 4).

La bomba P-1101 proporciona 0,2 KW, mientras que el evaporador E-1101 y el intercambiador E-1102 proporcionan 526,837 KW y 261,624 KW respectivamente.

7.4.3. Sección de Reacción

Esta corriente (Corriente 8) ingresa al reactor R-1101 a una temperatura de 356 °C y 2 atm. Según [11] la temperatura de operación debe mantenerse en el rango de 200-500 °C, dado que a una temperatura de 500°C el catalizador sufrirá una descomposición. Este proceso de descomposición llamado sinterización generalmente ocurre a altas temperaturas de reacción mayores o iguales a 500 °C, y es generalmente acelerado por la presencia de vapor de agua [12]. Se decidió trabajar con una temperatura de 356 °C, cercana a la propuesta por [9] de 350 °C a la entrada del reactor. A conversiones por paso mayores al 90% ocurren reacciones indeseables, suponiendo la presencia de trazas de Propileno, Éter Disiopropílico, Acetaldehído y otros hidrocarburos y óxidos de carbono[1]. Los mismos deberán ser removidos mediante lavado ácido o adsorción. Por lo tanto, se fija una conversión por paso del 90% en el reactor R-1101 para no tener presencia o, en su defecto, tener una presencia despreciable de productos indeseables.

El reactor R-1101, es un reactor heterogéneo multitubular de lecho catalítico fijo operando en fase gaseosa e isotérmicamente. Por sus propiedades este reactor no supone una continua regeneración del catalizador [1].

Dada la característica endotérmica de la reacción se utilizará como medio calefactor sal fundida dado que la misma se mantiene en estado líquido a altas temperaturas, esta sal es una mezcla eutéctica que contiene en base molar 40% de Nitrato de Potasio y 60% de Nitrato de Sodio[13]. Esta sal es calentada en el horno y sirve tanto como medio calefactor del reactor como para el calentamiento de la mezcla previo a su entrada al reactor (Corriente 5) que se produce en el intercambiador E-1102. El reactor requiere una energía de 368,053 kW y el intercambiador E-1102 de 261,624 kW. El caudal necesario de sal fundida para mantener la isoterminia del reactor es de 24494 kg/h y para calentar la mezcla de 6350,29 kg/h.

7.4.4. Sección de Condensación y enfriamiento

Luego de abandonar el reactor (Corriente 15) la mezcla ingresa al condensador enfriador parcial E-1103, donde se busca separar los compuestos más volátiles de los menos volátiles. La corriente (Corriente 16) abandona el condensador E-1103 a una temperatura de 45°C y una presión de 2 atm con una fracción de vapor de 58,41%. El condensador transfiere una energía de 547,7 KW al agua de enfriamiento.

7.4.5. Separación de fase líquida y fase vapor

Luego de condensar parcialmente y enfriar a la corriente (Corriente 16) la misma ingresa al separador de fases V-1103 el cual opera a una presión de 1,5 atm. En el mismo se separarán por el tope (Corriente 17) una corriente gaseosa con una temperatura de 25 °C y una presión de 1,5 atm con un flujo másico de 281,78 kg/h y por el fondo (Corriente 16) una corriente líquida con una temperatura de 25°C y una presión de 1,5 atm con un flujo másico de 1448,83 kg/h, la misma será impulsada hacia el tanque horizontal V-1103 por medio de la bomba P-1105 además a dicho tanque llegará la corriente de salida (Corriente 18) del absorbedor T-1101, la cual será impulsada por la bomba P-1106.

7.4.6. Recuperación de Acetona

La corriente gaseosa (Corriente 17) naturalmente posee en su mayor parte los compuestos más volátiles, Hidrógeno 83,7%, Alcohol Isopropílico (IPA) 0,53% y parte de Acetona 14,4 %. Esta corriente ingresará al absorbedor T-1101, donde se recuperará parte de la Acetona que se pierde por la corriente gaseosa (Corriente 17). Como agente disolvente se utilizará agua de recirculación (Corriente 45) proveniente de la segunda etapa de destilación, la misma es impulsada por la bomba P-1112 hasta una presión de 1,5 atm, la corriente tiene una temperatura de 25°C y un flujo másico de 160,27 kg/h. La columna de absorción T-1101 está compuesta por 10 platos y opera a una presión de 1,5 atm de manera adiabática. Como resultado, se obtiene una recuperación del 65,67% de Acetona por la corriente líquida de salida del absorbedor (Corriente 20) la misma se encuentra a una temperatura de 32,2 °C y una presión de 1,5 atm. La corriente líquida es impulsada por medio de la bomba centrífuga P-1106 hacia el tanque V-1104 donde se une con la corriente líquida de salida del separador de fases (Corriente 17). La suma de ambas corrientes (Corriente 22) tiene una temperatura de 28,7 °C y una presión de 1,5 atm con un flujo másico de 1667,26 kg/h, la misma es impulsada por medio de la bomba centrífuga P-1107 hacia la primera etapa de destilación T-1102.

7.4.7. Primera etapa de destilación

Al abandonar la bomba la mezcla (Corriente 23) ingresa a la primera columna de destilación T-1102. Esta corriente (Corriente 22) tiene una temperatura de 28,7 °C y una presión de 1 atm y un flujo másico de 1667,26 kg/h. La columna T-1102 está compuesta de 13 platos, y es alimentada en el plato 10. Posee un condensador parcial E-1105 y un ebullicor del tipo Kettle E-1107. El condensado (Corriente 24) es dirigido hacia el tanque horizontal V-1105, donde se separa una corriente gaseosa rica en volátiles (Corriente 33) con una temperatura de 49,7 °C y una presión 1 atm con un flujo másico de 1,16 kg/h. Esta corriente se une con la corriente gaseosa de salida del absorbedor (Corriente 45) para dar como resultado la corriente rica en hidrógeno la cual resulta ser venteada (Corriente 47) a una temperatura de 40,3 °C y una presión de 1 atm con un flujo másico de 224,81 kg/h.

El condensador E-1105 opera a una presión de 1 atm y una temperatura de 49,7 °C, utilizando como fluido de enfriamiento agua de proceso, la corriente que abandona la columna por el tope (Corriente 24) a una temperatura de 59,6 °C y una presión de 1 atm con un flujo másico de 3934,98 kg/h ingresa al condensador E-1105, la energía necesaria del condensador es de 628,957 kW. La corriente líquida (Corriente 21) que abandona el tanque horizontal V-1104 es impulsada mediante la bomba P-1108. La corriente líquida (Corriente 25) ingresa nuevamente a la torre con una relación de reflujo de 1,98. A su vez el producto destilado de esta primera etapa (Corriente 33) contiene Acetona con un porcentaje molar del 84,2%.

El ebullicor tipo Kettle E-1107 opera a una presión de 1 atm y una temperatura de 89,1°C, utilizando como medio calefactor vapor de baja presión (LPS). El vapor le transfiere a esta corriente (Corriente 30) una energía de 716,712 kW. Dos corrientes abandonan el ebullicor E-1107, una corriente (Corriente 30) la cual es devuelta a la torre T-1102 con un flujo másico de 2027,33 kg/h, y una corriente líquida (Corriente 31) con una pureza de agua del 99,1% molar la cual es impulsada por la bomba P-1110, con un flujo másico de 347,03 kg/h. Esta corriente es enfriada mediante el intercambiador de calor E-1109 por medio de agua de servicio, el calor transferido es de 27,326 kW. Esta corriente líquida ingresa al tanque horizontal V-1107, donde una parte es recirculada al absorbedor T-1101 (Corriente 45) a una temperatura de 25°C y una presión de 1 atm y otra parte abandona el proceso como producto (Corriente 44) a una temperatura de 25 °C y una presión de 1 atm.

7.4.8. Segunda etapa de destilación

El destilado del tope que sale de la columna T-1102 en fase líquida (Corriente 34) ingresa a la segunda columna T-1103, esta corriente tiene una temperatura de 49,7 °C y una presión de 1 atm con un flujo másico de 1319,06 kg/h, la misma cuenta con 32 platos equivalentes, y es alimentada en la etapa 22. La columna opera con un reflujo de 2,84.

Esta columna opera con un condensador total E-1106 y un ebullidor de tipo Kettle Reboiler E-1108. El condensado que abandona al condensador total E-1106 (Corriente 36) ingresa al tanque horizontal V-1105 a una temperatura de 46,0 °C y una presión de 1 atm. La corriente de salida (Corriente 36) del tanque horizontal V-1106 es impulsada por la bomba P-1109 donde una parte es refluja a la columna (Corriente 39) y la otra parte (Corriente 48) es el producto final de Acetona con un caudal másico de 1146,53 kg/h lo que equivale a una producción anual de 10.000 toneladas, con una temperatura de 46,0 °C y una presión de 1 atm con una pureza másica de 99,5%, que es la requerida por el código ASTM D-329 [14]. El condensador opera a una presión de 1 atm y una temperatura de 46,0 °C, requiriendo una energía de 463,157 kW. A su vez, la corriente de fondo de la columna (Corriente 41) que tiene una temperatura de 78,5 °C y una presión de 1 atm y un flujo másico de 2064,35 kg/h ingresa al ebullidor Kettle E-1108 el cual genera una energía de 460,184 kW. Las corrientes salientes del ebullidor E-1108 se separan en dos, una corriente (Corriente 41) es devuelta a la columna T-1103 con una temperatura de 78,5 °C y una presión de 1 atm con un flujo másico de 1891,82 kg/h, la corriente líquida (Corriente 42) abandona el ebullidor E-1108 a una temperatura de 79,2 °C y una presión de 1 atm con un flujo másico de 72,53 kg/h la composición de esta corriente (Corriente 41) es cercana a la composición azeotrópica, lo que es esperable, las composiciones de Alcohol Isopropílico (IPA) y Agua son 64,4% y 35% respectivamente. Esta mezcla es recirculada al tanque horizontal V-1101 y es mezclada con la alimentación fresca (Corriente 1) del sistema.

8. Diseño de Intercambiador E-1103

8.1. Introducción

En el siguiente capítulo se explicará las condiciones y las ecuaciones utilizadas para el diseño del intercambiador E-1104. Todas fueron basadas en [15].

8.2. Condensación de sustancias multicomponentes

Cuando el vapor que se va a condensar no es una sustancia pura, la condensación no es isotérmica. Esto ocurre ya que las sustancias que componen al vapor tienen distinta temperatura de condensación. La temperatura de la mezcla se irá reduciendo a medida que va condensando dentro del condensador.

Al principio condensan en mayor proporción los componentes de mayor temperatura de condensación, llamados componentes más pesados, y a medida que la condensación progresa, la temperatura disminuye y condensan los componentes más livianos.

Si la mezcla contiene una importante proporción de componentes pesados y pocos livianos, la mayor parte del calor de condensación corresponde a los componentes de mayor temperatura de condensación. Representando la evolución de la temperatura de la mezcla en función de la cantidad de calor retirada se obtiene el siguiente gráfico:

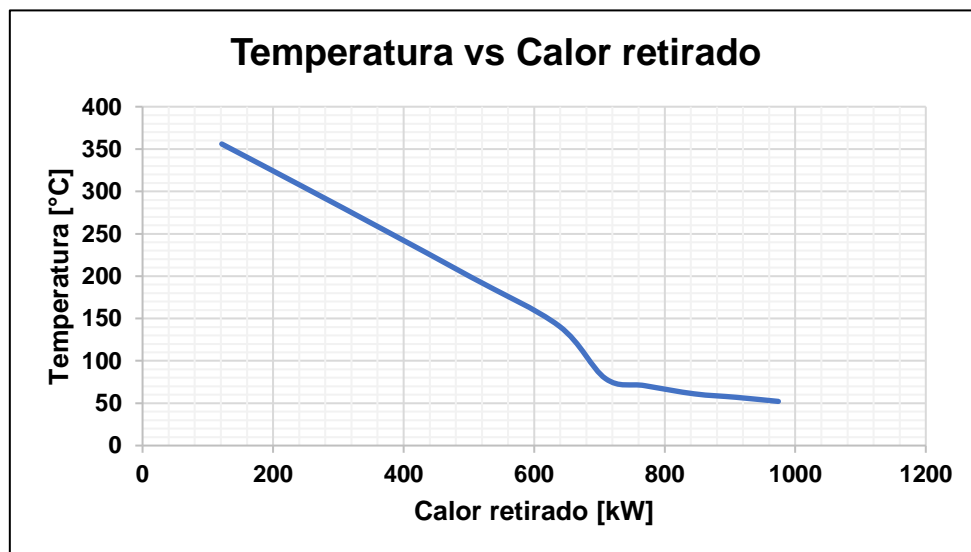


Gráfico 8.2.1. Temperatura vs Calor retirado

Podemos observar que la mezcla contiene mayor proporción de componentes livianos. Por lo que, al principio, con la extracción de una pequeña cantidad de calor, se produce la condensación de los componentes más pesados, y hay un cambio importante de composición y temperatura, mientras que al final de la condensación, la composición y la temperatura permanecen constantes.

8.3. Desarrollo del diseño de un condensador parcial

Supongamos un condensador en contracorriente, y representemos el diagrama T-Q para el fluido condensante y el agua de refrigeración. La diferencia de temperaturas ΔT entre las dos corrientes va variando a lo largo del equipo, por lo tanto, para calcular el área de intercambio deberíamos integrar:

$$A = \int \frac{dQ}{U \cdot \Delta T} \quad (\text{Ecuación 8.3.1})$$

En el caso de que para cada fluido exista una relación lineal entre el calor recibido o cedido la variación de temperaturas que éste experimenta, la expresión anterior puede integrarse para dar:

$$A = \frac{Q}{U \cdot DMLT} \quad (\text{Ecuación 8.3.2})$$

En este tipo de ocasiones el uso de la DMLT produciría un error por defecto de área. Por lo tanto, resulta necesario el conocimiento de la curva de condensación del fluido para el diseño del condensador. La curva obtenida gracias al simulador EDR[®] del paquete ASPEN PLUS[®] se muestra a continuación:

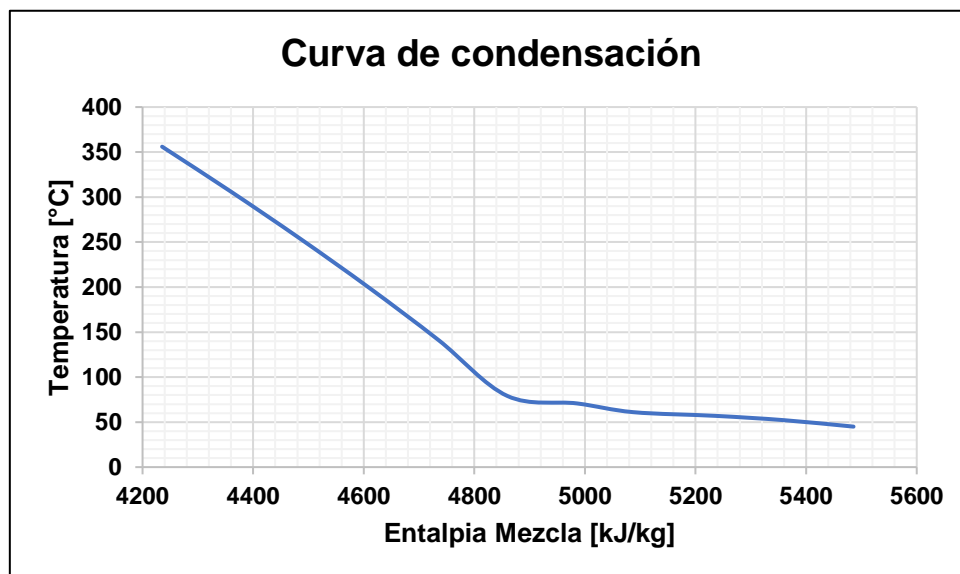


Gráfico 8.3.1. Curva de condensación de la mezcla

8.3.1. Procesos difusivos en la condensación de mezclas de multicomponentes

De acuerdo a la teoría de Nusselt, se sabe que el modelo supone que el vapor está en contacto con una película de condensado y la temperatura de la masa de vapor era la misma que la temperatura de la interfase gas-líquido en la superficie de la película. De este modo, la película líquida se constituía en la única resistencia a la transmisión de calor.

En el caso de las mezclas multicomponentes, la situación es distinta.

Cuando el vapor condensa sobre la superficie de la película, los componentes más pesados condensan preferiblemente frente a los componentes livianos.

Esto provoca en las adyacencias de la película una mayor concentración de componentes livianos que no condensan. Se establece así un gradiente de concentraciones en la fase vapor, en la dirección perpendicular a la interfase.

En un elemento diferencial del equipo cuya área es dA , se habrá transferido una cantidad de calor dQ . Desde el punto de vista del fluido condensante, la cantidad de calor dQ corresponde a una contribución de calor sensible que provoca la variación de temperaturas dT de la masa de vapor y líquido que circula por el equipo, y una contribución de calor latente que corresponde a la condensación de una masa Dw (kg/s) de vapores.

T , t_c y t_r son las temperaturas del vapor, de la interfase y del medio refrigerante en una determinada sección del equipo.

Considerando un área diferencial dA en el entorno de esta sección, podemos explicar el mecanismo de la condensación del siguiente modo:

El vapor que se encuentra a temperatura T , cede calor a la interfase que está a T_c . Esta transferencia tiene lugar por convección y puede expresarse como:

$$dQ_s = h_g(T - T_c)dA \quad (\text{Ecuación 8.3.1.1})$$

Siendo dQ , la cantidad de calor cedida por convección desde el gas a la película por unidad de tiempo y h_g , es el coeficiente de transferencia de calor en simple fase.

Además de la transferencia de calor mencionada, existe una condensación de una masa de vapor dW (kg/s) sobre dA .

En el momento de condensar, esta masa de vapor cede a la película líquida su calor de condensación. De este modo, la cantidad de calor que se incorpora a la película en el dA será la suma de ambos términos.

$$dQ = dQ_s + \lambda W \quad (\text{Ecuación 8.3.1.2})$$

Este calor debe ser transmitido a través de la película para ser retirado por el medio refrigerante. La resistencia a la transmisión de calor está representada por la película de condensado, el ensuciamiento y la capa límite del lado del refrigerante siendo tres resistencias en serie.

Se puede definir un coeficiente combinado para todo este proceso como

$$U' = \left(\frac{1}{h'f} + \frac{1}{hR} + Rf \right)^{-1} \quad (\text{Ecuación 8.3.1.3})$$

El primer sumando representa la resistencia de la película de condensado, calculable con los modelos para la condensación de componentes puros. El segundo sumando es la resistencia del medio refrigerante y el tercero la resistencia de ensuciamiento.

De este modo, será:

$$dQ = U'(T_c - t)dA \quad (\text{Ecuación 8.3.1.4})$$

A fin de obtener una expresión para la velocidad de transferencia de calor, consideremos un volumen de control. Este volumen de control abarca la fase vapor contenida en la porción de equipo que corresponde a dA y se extiende hasta la interfase vapor-líquido sin contener a esta.

A dicho volumen de control ingresa un caudal de vapor W_v a una temperatura T .

Una fracción dW de este vapor condensa sobre la superficie dA . Esta fracción de vapor, abandona el volumen de control al estado de vapor (ya que la interfase está fuera del volumen de control) y a una temperatura T_c .

La variación de entalpía de esta masa de vapor entre su condición de entrada al volumen de control y su condición de salida será

$$dW \cdot c_v(T - T_c) \quad (\text{Ecuación 8.3.1.5})$$

Donde c_v es el calor específico del vapor

Además, existe una transferencia de calor por convección desde el seno del gas hacia la interfase dada por

$$dQ_s = hG \cdot dA(T - T_c) \quad (\text{Ecuación 8.3.1.6})$$

El caudal de vapor WV que ingresa al volumen de control a temperatura T. sale del mismo a una temperatura T-Dt. Por lo tanto, su variación de entalpía será WVCVdT (Se desprecia el efecto de la reducción de caudal dW)

El balance de entalpías para el volumen de control, se puede entonces expresar como:

$$Wv \cdot cVdT + dWcV(T - T_c) - dQ_s = 0 \quad (\text{Ecuación 8.3.1.7})$$

Si se acepta que el segundo sumando es pequeño frente al primero (lo cual no siempre es justificable) será

$$Wv \cdot cVdT = hG \cdot (T - T_c)dA \quad (\text{Ecuación 8.3.1.8})$$

Este volumen de control abarca a la película de condensado (sin contener la interfase) y el refrigerante que esta del otro lado de la pared.

$$\frac{dQ}{U'dA} = (T_c - t) \quad (\text{Ecuación 8.3.1.9})$$

Sumando y llamando a $\gamma = \frac{dQ_s}{dQ}$ se tiene

$$dQ \left(\frac{1}{U'dA} + \frac{\gamma}{hG \cdot dA} \right) = T - t \quad (\text{Ecuación 8.3.1.10})$$

El coeficiente global de transferencia es la suma de todas las resistencias, es decir:

$$\frac{1}{U} + \frac{1}{U'} + \frac{\gamma}{hG} = \frac{1}{hR} + \frac{1}{h'f} + \frac{\gamma}{hG} + Rf \quad (\text{Ecuación 8.3.1.11})$$

A fin de mantener la coherencia con la metodología empleada hasta ahora, podemos separar las resistencias de uno y otro lado de la pared del tubo definiendo un coeficiente total para el fluido caliente como:

$$\frac{1}{hh} = \frac{1}{h'f} + \frac{\gamma}{hG} \quad (\text{Ecuación 8.3.1.12})$$

Y se tiene la expresión usual:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{hh} + \frac{1}{hR} + Rf \quad (\text{Ecuación 8.3.1.13})$$

El área del equipo puede entonces calcularse como

$$dA = \frac{dQ}{U(T - t)} \quad (\text{Ecuación 8.3.1.14})$$

Y

$$A = \int \frac{dQ}{U \cdot \Delta T} \quad (\text{Ecuación 8.3.1.15})$$

Para utilizar esta expresión es necesario contar con la curva de condensación, la cual es seleccionada en intervalos de dQ. Superponiendo esta curva con la del refrigerante, se puede obtener para cada uno de estos intervalos, el valor de (T-t) y la relación de

calor sensible a calor total γ . Dado que los coeficientes peliculares h_G , h_R y h'_f se pueden calcular para las condiciones existentes de cada intervalo es posible calcular la integral de forma numérica.

8.3.2. Método generalizado para el diseño de condensadores

Se utilizarán las correlaciones de Kern para el cálculo de los coeficientes de transferencia de calor en simple fase.

La condensación integral asume que el vapor y el condensado se mantienen en contacto a lo largo del equipo, de modo de mantener el equilibrio. Se supone que el condensado que se forma al principio del rango de condensación es transportado por el vapor hacia la salida.

Para n puntos de la curva de condensación quedan definidos $n-1$ intervalos de cálculo. Entonces para el intervalo comprendido entre los puntos i e $i+1$ se puede calcular

- $\Delta Q = \text{Calor a retirar en el intervalo} = W h(i+1 - i)$ ($i = \text{entalpías específicas}$)
- $\Delta Q_s = \text{Calor sensible del vapor} = W v c_v (T_i - T_{i+1})$
- $\gamma = \frac{\Delta Q_s}{\Delta Q}$

Conociendo el caudal de la corriente fría y sus propiedades y temperatura de entrada, es posible calcular la variación de temperatura que sufrirá dicha corriente en cada intervalo.

Para ello se asume una disposición contracorriente y se calcula:

$$t_i - t_{i+1} = \frac{\Delta Q}{W c_c} \quad (\text{Ecuación 8.3.2.1})$$

Con las cuatro temperaturas extremas de todo el proceso, se puede calcular un factor de corrección DMLT (ft).

Luego, para cada uno de los intervalos, es posible calcular con las temperaturas límite, el valor de la DMLT correspondiente, es decir:

$$DMLT = \frac{T_{i+1} - t_{i+1} - T_i - t_i}{\ln \left(\frac{T_{i+1} - t_{i+1}}{T_i - t_i} \right)} \quad (\text{Ecuación 8.3.2.2})$$

Y luego aplicar el factor de corrección ft a cada uno de los intervalos.

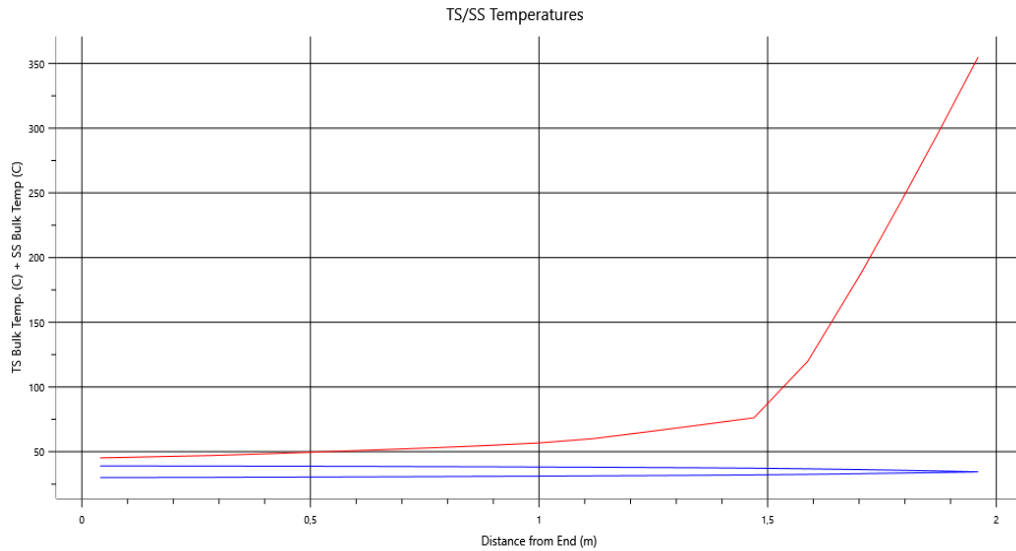


Gráfico 8.3.2.1 Interpretación gráfica del DTML, provisto por ASPEN EDR ®

8.4. Condiciones de operación del condensador E-1103

8.4.1. Condiciones de entrada de la mezcla

A continuación, se detallan las condiciones de entrada de la mezcla.

Condiciones entrada Mezcla	
Temperatura [°C]	356
Presión[atm]	2
Caudal másico [kg/s]	0,4807
Fracciones másicas	
Alcohol Isopropílico	0,0996795
Acetona	0,7452434
Hidrógeno	0,0258435
Agua	0,1292336

Tabla 8.4.1.8.1.Condiciones de entrada de la mezcla

Bajo estas condiciones, se pretende diseñar un enfriador-condensador parcial con agua como agente refrigerante. La misma debe entrar a una temperatura de 20°C y no debe salir a más de 39°C.

8.4.1.1.1. Punto de burbuja de la mezcla

Gracias al software ASPEN PLUS, se realizó la evolución de la mezcla al disminuir su temperatura, manteniendo su presión constante para poder ubicar la temperatura de saturación de la mezcla.

Se llevó a cabo esta simulación teniendo en cuenta que la mezcla sale del reactor R-1101 a una temperatura de 356 °C y una presión de 2 atm.

Este dato es de suma importancia, dado que así sabremos donde nuestro dispositivo condensador E-1103 comenzará a condensar.

Es decir, primero la mezcla enfriará hasta su punto de rocío y a partir del punto de rocío comenzará a condensar. En nuestra simulación el resultado del punto rocío dio a una temperatura de 78,78 °C.

Los resultados de esta simulación se muestran en el siguiente gráfico. Donde se representa la fracción másica de la mezcla frente a la temperatura de la mezcla a una presión constante de 2 atm.

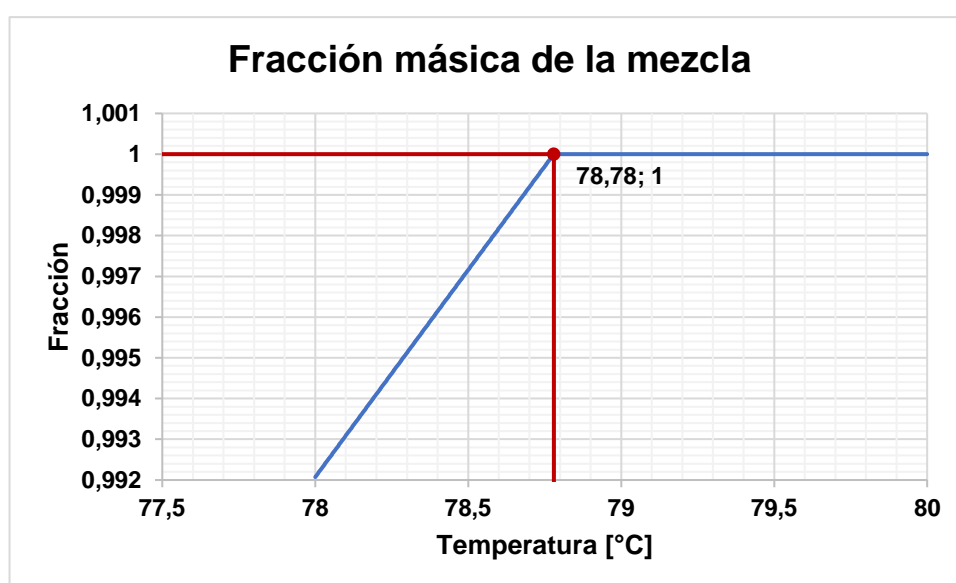


Gráfico 8.4.1.1.1.1. Punto de rocío de la mezcla

8.4.1.2. Condiciones de entrada del agua

Condiciones entrada Agua	
Temperatura [°C]	30
Presión[atm]	1
Caudal másico [kg/h]	48444

Tabla 8.4.1.2.1 Condiciones de entrada de agua

8.4.2. Condensación en el exterior de tubos con altas velocidades de vapor

En general en la mayoría de los condensadores de columnas de destilación refrigerados con agua la condensación se realiza en el exterior de los tubos. De este modo, el interior de los tubos por los que circula el agua, puede limpiarse fácilmente con una baqueta (el vapor que condensa es un fluido limpio).

En este caso se utilizan equipos con baffles y la velocidad del vapor queda determinada por el espaciamiento entre los baffles.

No existe en la bibliografía abierta demasiada información respecto de cómo efectuar el diseño en estos casos.[15]

Un modelo propuesto consiste en calcular el valor de h sumando el valor del coeficiente obtenido por la correlación de Duckler debió a la velocidad del vapor. El modelo se basa en las siguientes ecuaciones[15]:

$$Nuf = \frac{h'f \cdot D}{kL} = (X^4 Re^2 + Nuf^4)^{1/4} \quad (\text{Ecuación 8.4.2.1})$$

$$\frac{D \cdot G \cdot \rho_L}{\mu_L \cdot \rho_G} \quad (\text{Ecuación 8.4.2.1.2})$$

$$G = \frac{\text{Caudal de vapor}}{\text{Area de flujo en la carcasa}} \quad (\text{Ecuación 8.4.2.1.3})$$

$$X = 0,9 \left(1 + \frac{1}{R \cdot H} \right)^{1/3} \quad (\text{Ecuación 8.4.2.1.4})$$

$H'F$ es el coeficiente corregido por la velocidad del vapor

Los parámetros que figuran en las ecuaciones se definen como

$$R = \frac{\mu_L \cdot \rho_L}{\mu_G \cdot \rho_G} \quad (\text{Ecuación 8.4.2.1.5})$$

$$R = \frac{cp_L \cdot (T_{sat} - T_w)}{Pr_L \cdot \lambda} \quad (\text{Ecuación 8.4.2.1.6})$$

8.5. Desarrollo del diseño del condensador E-1103

8.5.1. Diseño mecánico

Para el diseño del condensador se consideraron diámetros estándares de construcción.

8.5.2. Material de construcción

Para la construcción del dispositivo se utilizará acero al carbono

8.5.3. Diámetro tubos

Lo tubos empleados en la construcción de intercambiadores de calor normalmente responden a las normas dimensionales BWG (Birmingham Wire Gage).

La misma normaliza los tubos por su diámetro exterior y por un número de serie que es el que define el espesor del tubo. Pueden utilizarse tubos de diámetros que van desde 1/4 " (6,35 mm) hasta 1,5" (38 mm). Sin embargo, casi todos los intercambiadores se construyen utilizando tubos de 3/4" (19mm) o de 1" (25,4mm). Se decide, por lo tanto, a utilizar tubos de 3/4 "de diámetro externo.[15]

8.5.4. Arreglo de tubos

Se llama arreglo a la disposición geométrica de los tubos en la placa tubular. Un arreglo de tubos, queda definido por su tipo (cuadro, cuadro rotado, triángulo, o triángulo alineado), por el diámetro de los tubos y por el paso. Por lo general, los arreglos en triángulo permiten lograr mayores coeficientes de transferencia y presentan mayor caída de presión que los arreglos en cuadro. En los intercambiadores de construcción desarmable, los arreglos en cuadro ofrecen la ventaja de permitir efectuar la limpieza del lado exterior de los tubos en forma mecánica.[15]

Dada la ventaja que presenta el arreglo triangular se decide por utilizar éste.

8.5.5. Tipo de intercambiador

Los intercambiadores de calor BEM son intercambiadores de carcasa y tubos con haz de tubos construidos de manera fija para facilitar el montaje en patines. El haz de tubos se fija mediante laminación mecánica a dos placas de tubos, a su vez soldadas a la carcasa del intercambiador de calor. Esta configuración del haz de tubos permite la limpieza del interior de los tubos con sistemas mecánicos, mientras que la limpieza del lado exterior sólo puede realizarse mediante el uso de medios químicos.

En la construcción del intercambiador BEM, normalmente se prevé un solo paso del fluido del lado de la carcasa y dos o cuatro pasos del lado de los tubos de fluido. Dada la rigidez de la conexión entre haz tubular y coraza, donde la diversidad de materiales utilizados y/o la diferencia de temperatura entre los dos fluidos intercambiando calor son tales que generan tensiones entre haz tubular y coraza, la instalación de una junta de dilatación en la carcasa para absorber las diferentes dilataciones y minimizar las tensiones.[15]

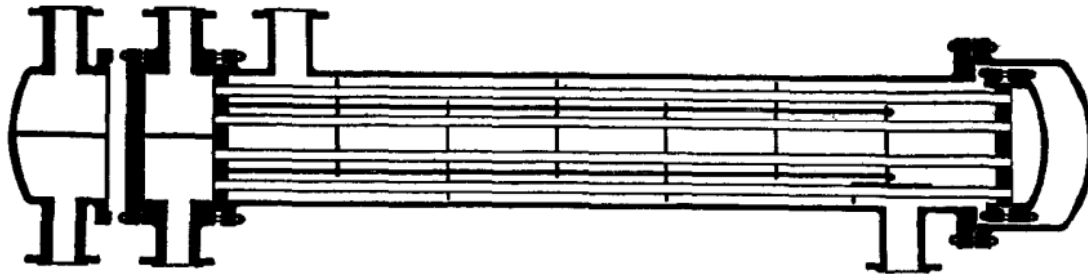


Ilustración 8.5.5.1. Ilustración de un intercambiador BEM

8.5.6. Longitud y exceso de área

Para definir la longitud del equipo E-1103 se comenzó con la máxima longitud estandarizada para los intercambiadores, es decir, la máxima longitud de tubos que se puede encontrar en el mercado. Esta longitud es de 6 m. A partir de esta longitud se comenzó a diseñar el equipo.

Como se presentó en el **Capítulo 9.2** el cálculo del área requerida es el resultado de la siguiente integral

$$A = \int \frac{dQ}{U \cdot \Delta T} \quad (\text{Ecuación 8.5.6.1})$$

Todos los coeficientes son calculados punto a punto de la longitud total del intercambiador, es por esto que el área no es calculada de manera habitual para

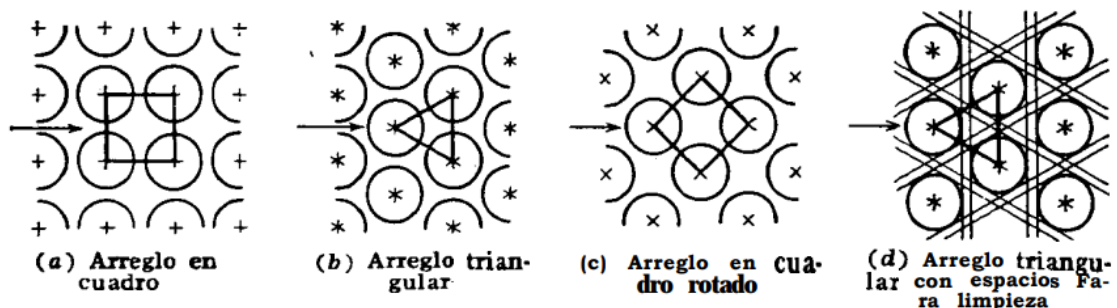


Ilustración 9.5.6.1. Arreglos comunes de intercambiadores de calor

procesos donde hay presencia de mezclas, como es en este caso. Cada recorte de la longitud total del intercambiador tendrá un área y la suma de todas las áreas será el área total del intercambiador.

Luego de varias simulaciones, la longitud óptima para el dispositivo terminó siendo de 2 metros, lo que significa un área disponible de equipo de 11,699291. Dando como resultado un área para el equipo limpio de 8,9 m² representando así un exceso de área de 36% y un área para el equipo sucio de 10,1 m² representando esta área un exceso de del 16%. El objetivo del exceso de área óptimo es que sea menor a un 25%, por lo tanto, se determina que el diseño realizado es óptimo. Se recuerda, que el área disponible es calculada como:

$$\text{Area disponible} = \pi \cdot do \cdot L \cdot N^{\circ} \text{ de tubos} \quad (\text{Ecuación 8.5.6.2})$$

8.5.1. Diámetro coraza

En el Anexo IV (Tabla 9. Disposición de los espejos de tubos. Cuenta de tubos (Arreglo triangular)) se tabulan todos los distintos parámetros de diámetros de coraza. La elección del diámetro de coraza se basó en este apartado. Dado que la disposición elegida es triangular y el diámetro de tubos es de ¾ in se comenzó la simulación con un diámetro interior de coraza de 8 in, donde en este caso el número de tubos para una disposición 1-2 es de 32, dando como resultado una simulación no satisfactoria. Por lo tanto, se prosiguió con el siguiente diámetro de coraza recomendado por Kern, este es de 10 in donde el número de tubos para una disposición 1-2 es de 56. Nuevamente la simulación no fue satisfactoria. Por último, se simuló con un diámetro de coraza de 12 in que requiere un numero de tubos para una disposición 1-2 de 96, siendo ésta última simulación satisfactoria.

8.5.2. Velocidad máxima permisible en tubos

Para definir la velocidad dentro de tubos, se propone el intervalo de [1 – 2] m/s. Siendo estas las velocidades permitidas en nuestro equipo.

Para esto, se varía el número de tubos del equipo, a partir de aquí se determina la mayor velocidad posible dentro de nuestro intervalo, que nos de la menor cantidad de tubos y que se encuentre dentro de nuestro intervalo de velocidades. Realizando las simulaciones la cantidad final de tubos es de 56. Teniendo así una velocidad promedio de 1,63 y una máxima de 1,79. Estos valores entran dentro del rango óptimo de operación.

8.5.3. Registro de hombre

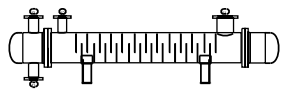
Todos los recipientes sujetos a presión que contendrán aire comprimido y aquellos sometidos a corrosión interna, erosión o abrasión mecánica, deben proveerse de un registro para hombre, un registro para la mano u otras aberturas de inspección para ser revisados y limpiados. El registro de inspección elegido es una de las opciones permitidas por el Código, UG-46, en vista de que se estiman como las más económica. La ubicación preferible de las aberturas de inspección pequeñas es en cada cabeza o cerca de cada cabeza. En lugar de dos aberturas pequeñas puede tenerse una sola abertura, siempre que sea de tamaño tal y esté ubicada en tal forma que permita por lo menos tener una visión igual del interior. Dado que la torre tiene un diámetro de 0,69 m (27 in) se considera la siguiente tabla para el registro de hombre.

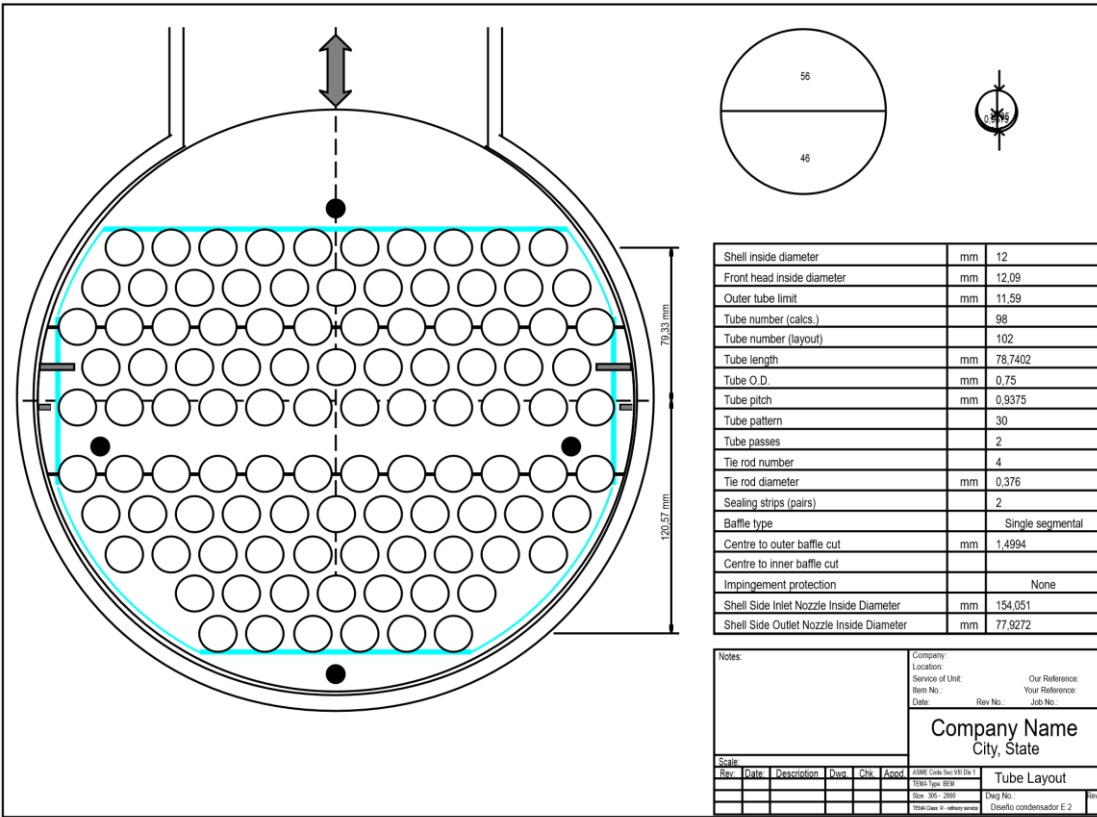
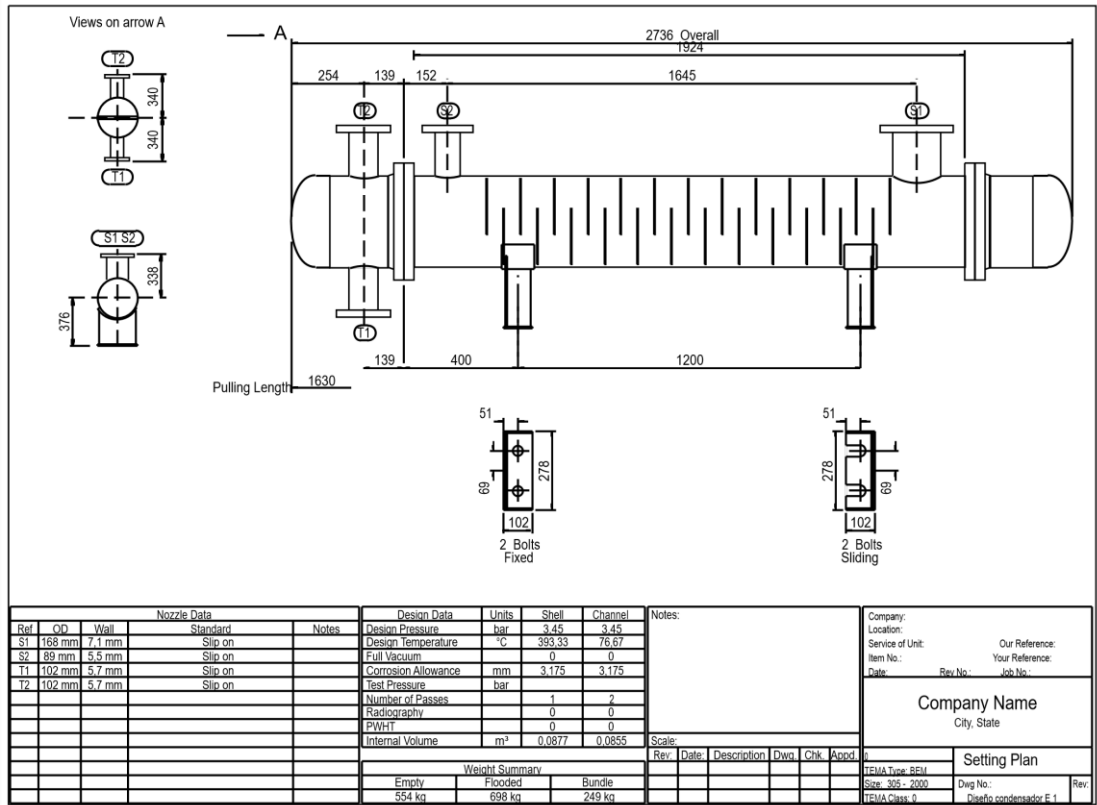
Diámetro interior del recipiente	Registro de inspección requerido
mayor de 12 pulg y menor de 18 pulg	Dos aberturas con tubo roscado de 1 1/2 pulg de diámetro

Tabla 8.5.3.1. Registro de hombre necesario, basado en diámetro interior del recipiente

Se deciden utilizar 3 puntos de registro en la torre;

1. En la punta izquierda del intercambiador
2. En la punta derecha del intercambiador
3. En el medio del intercambiador

1	Company: UTN-Facultad Regional Delta									
2	Location: Campana									
3	Service of Unit: E-1103					Our Reference:				
4	Item No.:					Your Reference:				
5	Date:		Rev No.:		Job No.:					
6	Size:0,3048 - 2		m		Type: BEM Horizontal		Connected in: 1 parallel 1 series			
7	Surf/unit(eff.)		11,3 m ²		Shells/unit 1		Surf/shell(eff.) 11,3 m ²			
8	PERFORMANCE OF ONE UNIT									
9	Fluid allocation				Shell Side			Tube Side		
10	Fluid name				Mezcla					
11	Fluid quantity, Total				kg/h 1731			48444		
12	Vapor (In/Out)				kg/h 1686 889			0 0		
13	Liquid				kg/h 0 797			48444 48444		
14	Noncondensable				kg/h 45 45			0 0		
15										
16	Temperature (In/Out)				°C 356 45			30 39		
17	Bubble / Dew point				°C 25,26 / 78,78 16,23 / 72,48			/ /		
18	Density Vapor/Liquid				kg/m ³ 1,13 / 1,39 / 804,25			/ 989,22 / 980,44		
19	Viscosity				kg/(m-s) 2E-05 / 1,1E-05 / 0,000559			/ 0,00082 / 0,000684		
20	Molecular wt, Vap				29 23,99					
21	Molecular wt, NC				2,02 2,02					
22	Specific heat				kJ/(kg-K) 2,537 / 2,05 / 2,795			/ 4,523 / 4,523		
23	Thermal conductivity				W/(m-K) 0,0949 / 0,0581 / 0,235			/ 0,6132 / 0,6247		
24	Latent heat				kJ/kg 2399,2 637,1					
25	Pressure (abs)				atm 2 1,5			1 0,852		
26	Velocity (Mean/Max)				m/s 24,9 / 41,83			1,63 / 1,79		
27	Pressure drop, allow. /calc.				atm 0,5 0,5			0,204 0,148		
28	Fouling resistance (min)				m ² -K/W 2E-05			5E-05 7E-05 Ao based		
29	Heat exchanged		547,7 kW		MTD (corrected)			39,62 °C		
30	Transfer rate, Service		1225,2 Dirty 1372,6 Clean 1555		W/(m ² -K)					
31	CONSTRUCTION OF ONE SHELL							Sketch		
32					Shell Side			Tube Side		
33	Design/Vacuum/test pressure atm				3,402 / / 3,402 / /					
34	Design temperature / MDMT °C				393,33 / 76,67 /					
35	Number passes per shell				1 2					
36	Corrosion allowance m				0,0032 0,0032					
37	Connections		In m		1 0,1541 / - 1 0,0901 / -					
38	Size/Rating		Out		1 0,0779 / - 1 0,0901 / -					
39	ID		Intermediate		/ - / -					
40	Tube #: 98		OD: 0,019 Tks. Average 0,0021 m		Length: 2 m		Pitch: 0,0238 m		Tube pattern: 30	
41	Tube type: Plain		Insert: None		Fin#: #/m		Material: Carbon Steel			
42	Shell Carbon Steel		ID 0,3048 OD 0,3216 m		Shell cover -					
43	Channel or bonnet		Carbon Steel		Channel cover -					
44	Tubesheet-stationary		Carbon Steel -		Tubesheet-floating -					
45	Floating head cover		-		Impingement protection None					
46	Baffle-cross Carbon Steel		Type Single segmental		Cut(%d) 37,51		HorizSpacing: c/c 0,0589 m			
47	Baffle-long -		Seal Type		Inlet 0,2548 m					
48	Supports-tube		U-bend 0		Type					
49	Bypass seal		Tube-tubesheet joint		Expanded only (2 grooves) (App.A 'i')					
50	Expansion joint -		Type None							
51	RhoV2-Inlet nozzle 397		Bundle entrance 519		Bundle exit 228		lb/(ft-s ²)			
52	Gaskets - Shell side -		Tube side		Flat Metal Jacket Fibe					
53	Floating head -									
54	Code requirements		ASME Code Sec VIII Div 1		TEMA class R - refinery service					
55	Weight/Shell		554,1 Filled with water 697,7		Bundle 248,8		kg			



9. Diseño de la columna T-1103

9.1. Introducción

En el siguiente capítulo se detallarán las fórmulas y correlaciones utilizadas para el diseño de la torre de destilación T-1103 [16].

9.2. Condiciones operativas en la alimentación

Condiciones entrada Mezcla	
Temperatura [°C]	49,7
Presión[atm]	1
Caudal másico [kg/h]	1319,06

Tabla 9.2.9.1. Condiciones entrada a columna de la mezcla

9.3. Especificaciones de diseño

Mediante el análisis de sensibilidad de Aspen PLUS[®] se especificaron los valores de diseño de la torre T-1103. Se partió de la especificación de un 99,5 % de pureza másica de producto de Acetona y una recuperación molar de acetona en el fondo de un 99%. Variando el reflujo de la torre y la relación Destilado-Alimentación (D/F). A partir de aquí en función de prueba y error se llega al número de platos óptimo de la torre, el diámetro de la misma y la altura de la misma [10].

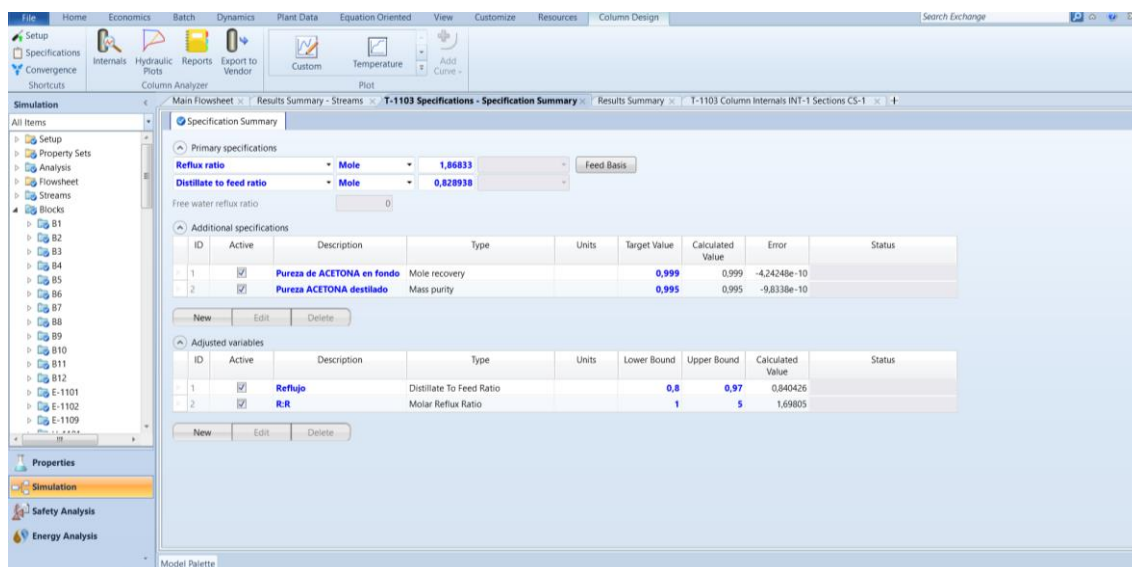


Ilustración 9.3.1. Captura de pantalla del resultado de la simulación del software ASPEN PLUS[®]

Como se puede observar, el programa calculo un reflujo de 1,69805 y una relación Destilado a alimentación de 0,840426.

9.4. Columnas empacadas

Los embalajes se dividen generalmente en tres clases:

Las torres empacadas, utilizadas para el contacto continuo del líquido y del gas tanto en el flujo a contracorriente como a corriente paralela, son columnas verticales que se han llenado con empaque o con dispositivos de superficie grande.

El líquido se distribuye sobre éstos y escurre hacia abajo, a través del lecho empacado, de tal forma que expone una gran superficie al contacto con el gas.[16]

9.5. Torres de destilación empacadas

Las torres llenas con diferentes tipos de empaques frecuentemente compiten en costo con los platos; son particularmente útiles cuando la caída de presión debe ser pequeña, como en las destilaciones a baja presión. También existen empaques extremadamente efectivos que se emplean en trabajo a nivel laboratorio y que son capaces de producir el equivalente a muchas etapas en altura de empaque de sólo unos cuantos pies.

Al igual que los absorbedores empacados, los cambios de concentración con la altura producidos por estas torres son continuos y no graduales, como en las torres de platos. El procedimiento de cálculo debe tomar esto en consideración.

Como en el caso de las torres de platos, debe poseer un rehervidor en el fondo (también se puede utilizar vapor vivo si se va a producir un residuo acuoso), un condensador, medios para regresar el reflujo y vapor rehervido y medios para introducir la alimentación. Estos últimos pueden lograrse mediante una pequeña sección sin empacar en la entrada de la alimentación, con una distribución adecuada del líquido sobre la parte superior de la sección de agotamiento. Para torres empacadas, los flujos se basan en la unidad de área de la sección transversal de la torre, mol/tiempo(área). [16]

9.5.1. Características principales del empaque

El empaque de la torre debe ofrecer las siguientes características[16]:

1. Proporcionar una superficie interfacial grande entre el líquido y el gas. La superficie del empaque por unidad de volumen de espacio empacado debe ser grande, pero no en el sentido microscópico. Los pedazos de coque, por ejemplo, tienen una superficie grande debido a su estructura porosa, pero la mayor parte de la superficie será cubierta por la película del líquido que escurre. De todas maneras, la superficie específica de empaque a., es casi siempre más grande que la superficie interfacial líquido-gas.
2. Poseer las características deseables del flujo de fluidos. Esto generalmente significa que el volumen fraccionario vacío, o fracción de espacio vacío, en el lecho empacado debe ser grande. El empaque debe permitir el paso de grandes volúmenes de fluido a través de pequeñas secciones transversales de la torre, sin recargo o inundación (véase a continuación); debe ser baja la caída de presión del gas. Más aún, la caída de presión del gas debe ser principalmente el resultado de la fricción pelicular, si es posible, puesto que es más efectivo que formar arrastres al promover valores elevados de los coeficientes de transferencia de masa (véase torres de paredes mojadas).
3. Ser químicamente inerte con respecto a los fluidos que se están procesando.
4. Ser estructuralmente fuerte para permitir el fácil manejo y la instalación.
5. Tener bajo precio.

Los empaques son principalmente de dos tipos, aleatorios y regulares.

9.5.2. Empaques al azar

Los empaques al azar son aquellos que simplemente se arrojan en la torre durante la instalación y que se dejan caer en forma aleatoria. En el pasado se utilizaron materiales fácilmente obtenibles; por ejemplo, piedras rotas, grava o pedazos de coque; empero, aunque estos materiales resultan baratos, no son adecuados debido a la pequeña superficie y malas características con respecto al flujo de fluidos. Los anillos de Raschig son cilindros huecos, cuyo diámetro va de 6 a 100 mm (1/4 a 4 in) o más. Pueden fabricarse de porcelana industrial, que es útil para poner en contacto a la mayoría de los líquidos, con excepción de álcalis y ácido fluorhídrico; de carbón, que es útil, excepto en atmósferas altamente oxidantes; de metales o de plásticos. Los plásticos deben escogerse con especial cuidado, puesto que se pueden deteriorar rápidamente y con temperaturas apenas elevadas, con ciertos solventes orgánicos y con gases que contienen oxígeno.

Los empaques de hojas delgadas de metal y de plástico ofrecen la ventaja de ser ligeros, pero al fijar los límites de carga se debe prever que la torre puede llenarse inadvertidamente con líquido. Los anillos de Lessing y otros con particiones internas se utilizan con menos frecuencia. Los empaques con forma de silla de montar, los de Berl e Intalox y sus variaciones se pueden conseguir en tamaños de 6 a 75 mm (1/4 a 3 in); se fabrican de porcelanas químicas o plásticos. Los anillos de Pall, también conocidos como Flexirings, anillos de cascada y, como una variación, los Hy-Pak, se pueden obtener de metal y de plástico. Los Tellerettes y algunas de sus modificaciones se pueden conseguir con la forma que se muestra y en plástico. Generalmente, los tamaños más pequeños de empaques al azar ofrecen superficies específicas mayores (y mayores caídas de presión), pero los tamaños mayores cuestan menos por unidad de volumen. [16]

9.6. Selección de empaque

Tomando en cuenta las características básicas de un relleno para la torre expuesto en el capítulo 3.5.1 se decide por utilizar Anillos Raschig de 2 in (50mm) para la torre T-1103. Los mismos serán de cerámica, puesto que deben soportar temperaturas razonablemente elevadas, con lo que, un material plástico no podría resistirlas. Se consideró utilizar Anillos de metal inoxidable, pero esta decisión conlleva un alto costo. Así como también se consideraron Anillos Pall de 2 in (50 mm) pero dada su geometría conllevaría un alto costo.[16]

9.6.1. Características Anillos Raschig 2 in (50 mm)

En la siguiente tabla se detallan las características del relleno de Anillos Raschig

Nombre	Tamaño, mm	Densidad del relleno (kg/m3)	Area m3/m3	% huecos	Factor de empaquetamiento m-1		Vende dor
					Nromal Fp	Seco Fpd	
					Cerámico		
Anillos Raschig	50	660	92	74	213	230	Varios

Tabla 9.6.1. Características de anillos Raschig. *Adaptado de Perry's Chemical Engineering Handbook*

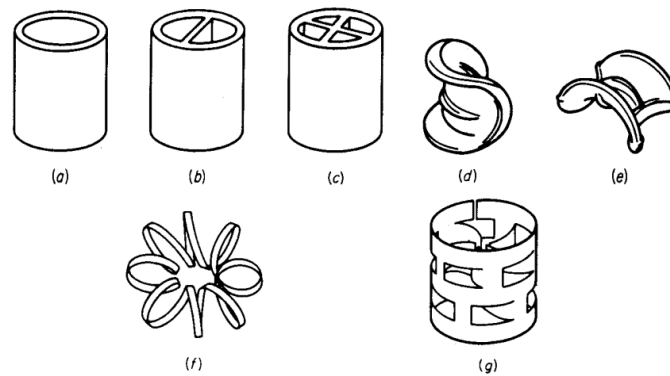


Ilustración 10.6.1.1. Ilustraciones de típicos rellenos de torre. W. V. W. Bruce E. Poling, George H. Thomson, Daniel G. Friend, Richard L. Rowley, Perry's Chemical Engineers' Handbook. 2008. doi: 10.1036/0071511253.

9.1. Diámetro de torre

Puesto que se eligió como relleno Anillos Raschig de cerámica. El diámetro de la torre estará en función de dicho material. Se buscó minimizar el valor del diámetro de torre por medio de la elección del tamaño del relleno variando desde 15 mm a 50 mm. Resultando así un tamaño de relleno de 50 mm. Al especificar el relleno de la torre y sus dimensiones. La herramienta Column Internals de Aspen PLUS[®] calcula el diámetro de la misma, como se mencionó anteriormente este depende del relleno y la caída de presión que éste genera en la torre. El diámetro calculado por Aspen PLUS[®] tiene en cuenta la caída de presión óptima (200-400 N/m²). Se optó por una altura equivalente por plato de 0,5 como se detallará en el siguiente capítulo.

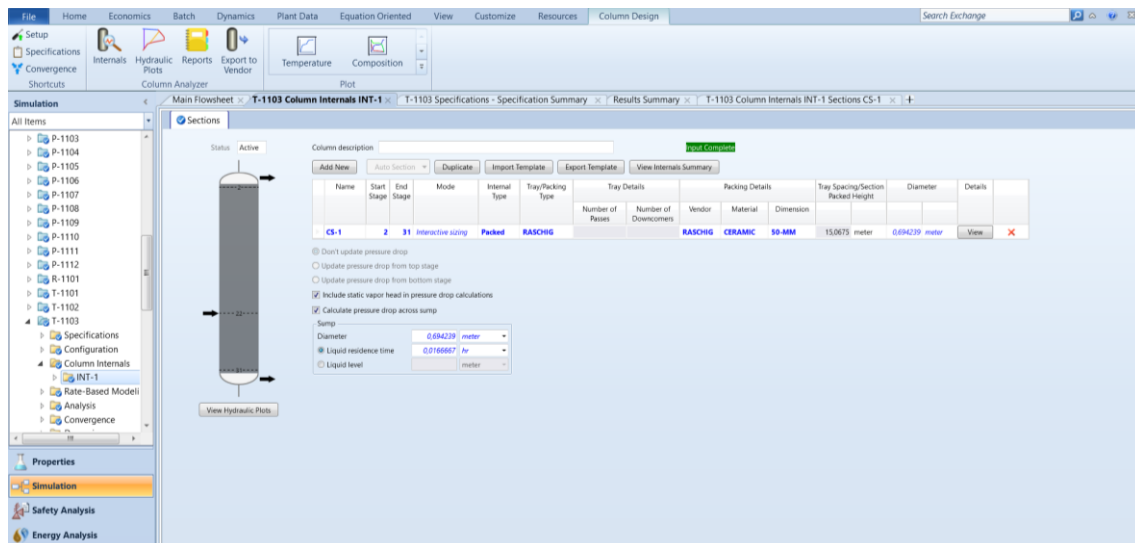


Ilustración 9.1.1. Resultados de diámetro de torre calculado por ASPEN PLUS[®]

9.2. Altura equivalente (HETP)

Para torres empacadas, los flujos se basan en la unidad de área de la sección transversal de la torre, mol/tiempo(área). Como para los absorbedores, en el volumen diferencial dZ , la superficie interfacial es $a \cdot dZ$. La cantidad de sustancia A en el vapor que pasa a través de la sección diferencial es Gy mol/tiempo(área), y la rapidez de transferencia de masa es $d(Gy)$ moles A/(h) (volumen diferencial). En forma similar, la rapidez de transferencia de masa es $d(Lx)$. Aun en aquellos casos en que las suposiciones simplificadoras usuales no son estrictamente aplicables, G y L son, dentro de una sección de la columna, lo suficientemente constantes para que la contradifusión equimolar entre fases sea prácticamente cierta: $N_A = -N_a$. [16]

$$N_A = \frac{d(Gy)}{a \, dZ} = k'_y(y_i - y) = \frac{d(Lx)}{a \, dZ} = k'_x(x - x_i) \quad (\text{Ecuación 9.2.1})$$

Por lo tanto

$$Z_e = \int_0^{Z_e} dZ = \int_{(Gy)_a}^{(Gy)^2} \frac{d(Gy)}{k'_y a (y_i - y)} = \int_{(Lx)_a}^{(Lx)^2} \frac{d(Lx)}{k'_x a (x - x_i)} \quad (\text{Ecuación 9.2.2})$$

Una expresión similar, con los límites apropiados de integración, se aplica para la sección de agotamiento

Para cualquier punto (x, y) sobre la línea de operación, el punto correspondiente (x_i, y_i) sobre la curva en el equilibrio se obtiene en la intersección con una línea de pendiente $\frac{-k'_x x_i}{k'_y y_i} = \frac{-k'_x a}{k'_y a}$, trazada desde (x, y) . Para $k'_x > k'_y$ de forma que la resistencia principal a la transferencia de masa resida en el vapor, $(y_i - y)$ se lee más exactamente que $(x - x_i)$. Entonces, se utiliza mejor la integral central evaluada gráficamente como el área bajo una curva con $\frac{1}{k'_y a (y_i - y)}$ como ordenada, Gy como abscisa, dentro de los límites apropiados. De esta forma, se trabaja fácilmente con las variaciones en G , L , los coeficientes y con el área interfacial con localización sobre las líneas de operaciones. Para los casos en que se pueden aplicar las suposiciones simplificadoras usuales, G y L dentro de cualquier sección de la torre son constantes; las alturas de las unidades de transferencia [16]

$$H_{tG} = \frac{G}{k'_y} \quad H_{tL} = \frac{L}{k'_x} \quad (\text{Ecuación 9.2.3})$$

son algunas veces lo suficientemente constantes (también se pueden utilizar valores promedio para la sección). [16]

$$Z_e = H_{tG} \int_{y_a}^{y^2} \frac{dy}{y_i - y} = H_{tG} N_{tG} \quad (\text{Ecuación 9.2.4})$$

$$Z_e = H_{tL} \int_{x_a}^{x^2} \frac{dX}{x - x_i} = H_{tL} N_{tL} \quad (\text{Ecuación 9.2.5})$$

El número de unidades de transferencia NTG y NTL está dado por las integrales de las anteriores ecuaciones. Debe recordarse, sin embargo, que el Área interfacial a y los coeficientes de transferencia de masa dependen de los flujos de masa, los cuales, debido al cambio de los pesos moleculares promedio con la concentración, pueden variar considerablemente, aun si los flujos molares son constantes. Por lo tanto, sin

verificación, no debe suponerse que HTG y HTL son constantes. Por lo general, la curva en el equilibrio para cualquier sección de la torre experimenta en la pendiente el cambio suficiente para que no puedan utilizarse los coeficientes de transferencia de masa globales ni las alturas e las unidades de transferencia. Sin embargo, si la curva es básicamente recta, se puede escribir[16]:

$$Ze = H_{tOG} \int_{y_a}^{y^2} \frac{dy}{yi - y} = H_{tOG} N_{tOG} \quad (\text{Ecuación 9.2.6})$$

$$Ze = H_{tOL} \int_{x_a}^{x^2} \frac{dy}{yi - y} = H_{tOL} N_{tOL} \quad (\text{Ecuación 9.2.7})$$

En donde

$$H_{tOG} = \frac{G}{k'_y a} \quad H_{tOL} = \frac{G}{k'_x a} \quad (\text{Ecuación 9.2.8})$$

Por lo tanto, en resumen, en el caso de las torres rellenas a diferencia de las torres de platos se determina la altura del relleno de la torre y no el número de platos teóricos. Bajo determinadas condiciones se puede calcular fácilmente la altura de relleno requerida conociendo el número de platos teóricos necesarios determinados gráficamente para cumplir con una especificación de separación. La equivalencia entre un plato teórico y la correspondiente altura de relleno que ofrece la misma separación se expresa en términos de la altura equivalente a un plato teórico HETP (por sus siglas en inglés *Height of an Equivalent Theoretical Plate*). Esto queda expresado de la siguiente forma[16]:

$$Z = \text{Número de etapas. HETP} \quad (\text{Ecuación 9.2.9})$$

9.3. Caudal de inundación de la torre (T-1103)

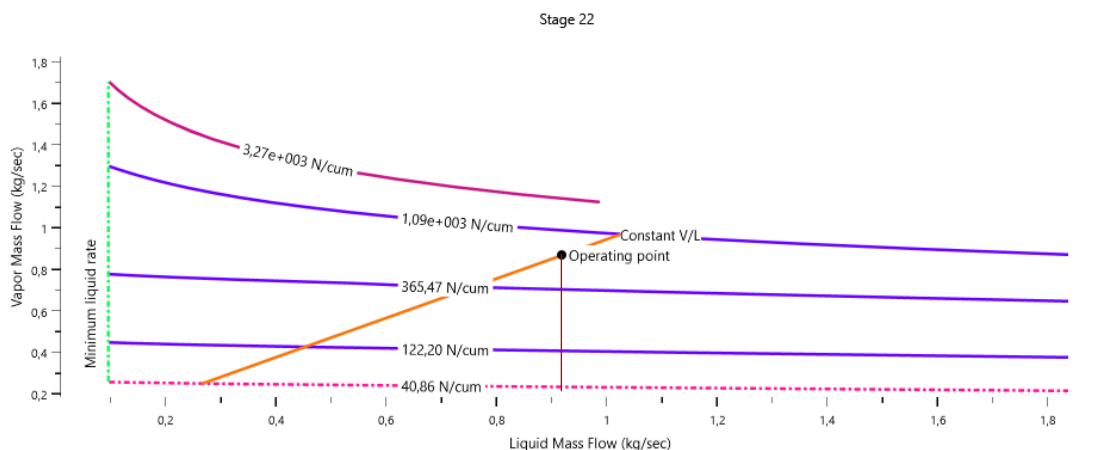


Ilustración 10.3.1 Gráfico de punto operativo de la torre de destilación proporcionado por Aspen PLUS®

En el siguiente diagrama se observa el punto operativo de nuestra torre. La etapa determinante es la etapa 22 (Atura equivalente a un plato) donde ocurre la inundación de la torre. La inundación se dará cuando el caudal sea mayor de 3305,5 kg/h es decir cuando el punto de operación se desplace hacia la derecha.

9.4. Condiciones y dimensiones generales recomendadas para las torres de platos

9.4.1. Espaciamiento de los platos

Como se dijo en el capítulo anterior la altura de las torres rellenas viene dado por la altura equivalente a un plato teórico HETP, es por esta razón que se toma la siguiente condición válida para torres de platos como altura de relleno HETP.

Espaciamiento de los platos

Diámetro de la torre, T		Espaciamiento de la torre, t	
m	ft	m	in
		0,15	6 mínimo
1 menos	4 menos	0,5	20
1-3	4-10	0,6	24
3-4	10-12	0,75	30
4-8	12-24	0,9	36

Tabla 9.4.1. Espaciamiento de los platos R. E. Treybal, "Operaciones de Transferencia de Masa," vol. Segunda Ed, 1980.

El diámetro de la torre resultó ser un diámetro de 0,694275. Es por este motivo que se decide utilizar un HETP de 0,5 m. Teniendo en cuenta esto, la altura total del relleno, es de 15,0675 m.

Etapas	Altura equivalente por plato
2	0,50225
3	1,0045
4	1,50675
5	2,009
6	2,51125
7	3,0135
8	3,51575
9	4,018
10	4,52025
11	5,0225
12	5,52475
13	6,027
14	6,52925
15	7,0315
16	7,53375
17	8,036
18	8,53825
19	9,0405
20	9,54275
21	10,045
22	10,5473
23	11,0495
24	11,5518
25	12,054
26	12,5563
27	13,0585
28	13,5608
29	14,063
30	14,5653
31	15,0675

Tabla 9.4.2 Alturas equivalentes por plato

9.4.2. Flujo del líquido

Flujo del líquido

- a. No superior a $0.015 \text{ m}^3/(\text{m diam}). \text{s}$ ($0.165 \text{ ft}^3/\text{ft. s}$) para platos de flujo transversal de un solo paso
- b. No superior a $0.032 \text{ m}^3/\text{longitud de derramadero}$ ($0.35 \text{ ft}^3/\text{ft.}$) para otros.

Tabla 9.4.2.1 Flujos de líquidos recomendados R. E. Treybal, "Operaciones de Transferencia de Masa," vol. Segunda Ed, 1980.

Etapa	Flujo del líquido (m ³ /h.m)	Flujo del líquido (m ³ /s.m)
2	7,1605	0,001989028
3	7,1443	0,001984528
4	7,1290	0,001980275
5	7,1143	0,001976206
6	7,1001	0,00197225
7	7,0861	0,00196835
8	7,0721	0,001964458
9	7,0579	0,001960522
10	7,0434	0,001956489
11	7,0283	0,001952306
12	7,0125	0,001947922
13	6,9958	0,001943275
14	6,9779	0,0019383
15	6,9585	0,001932917
16	6,9373	0,001927039
17	6,9140	0,001920561
18	6,8881	0,001913367
19	6,8591	0,001905308
20	6,8264	0,001896217
21	6,7892	0,001885892
22	11,6210	0,003228056
23	11,5653	0,003212583
24	11,4575	0,003182639
25	11,2453	0,003123694
26	10,8211	0,003005861
27	10,0138	0,002781611
28	8,8337	0,002453814
29	7,8602	0,002183386
30	7,4189	0,002060806
31	7,2813	0,002022581
Promedio de velocidades	7,9404	0,0022
Diámetro torre (m)	0,694024361	
Flujo de líquido (m ³ /m s)	11,44113826	0,003178094

Tabla 9.4.2.2 Promedios de velocidades por plato equivalente

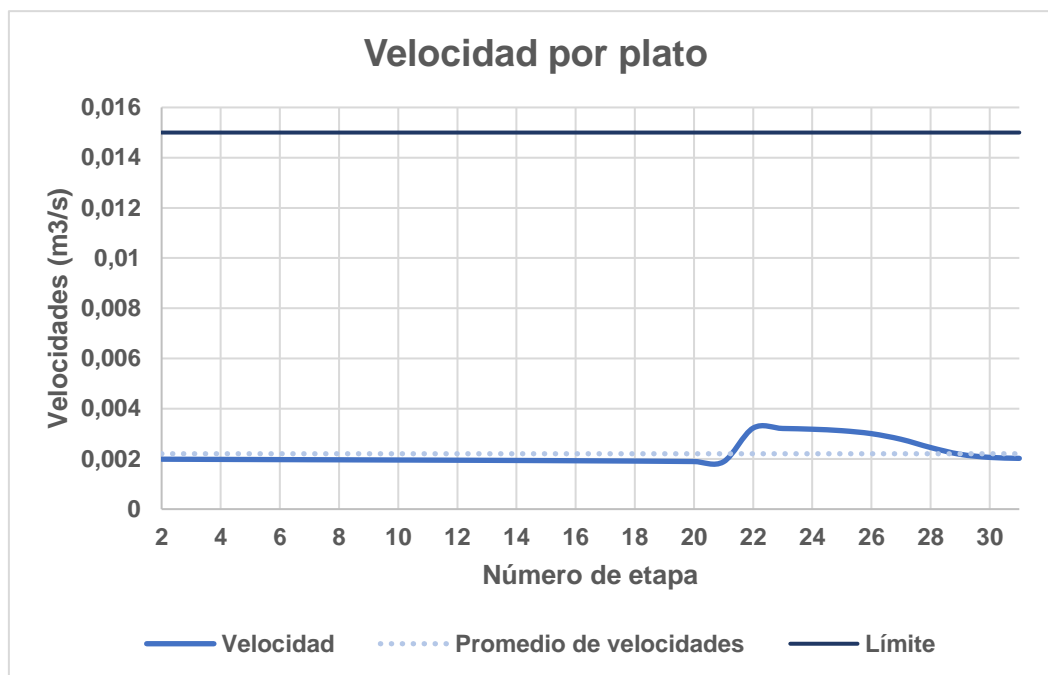


Gráfico 9.4.2.1. Representación gráfica de la velocidad por plato

Vemos en los resultados de la simulación que nuestra velocidad promedio se mantiene por debajo del límite estipulado. Por lo tanto, hasta aquí el diseño es satisfactorio.

9.4.3. Caída de presión

La caída alta de presión puede llevar directamente a inundaciones. Con una diferencia elevada de presión en el espacio entre los platos el nivel del líquido que abandona un plato a presión relativamente baja y entra a otro plato con presión alta, necesariamente debe ocupar una posición elevada en las tuberías de descenso. Al aumentar la diferencia de presión debido al aumento en la rapidez de flujo del gas o del líquido, el nivel en la tubería de descenso aumentará más aún para permitir que el líquido entre en el plato inferior. Finalmente, el nivel del líquido puede alcanzar el nivel del plato inferior. Un incremento mayor, ya sea en el de flujo del gas o del líquido, agrava rápidamente la condición, y el líquido puede llenar todo el espacio entre los platos. Entonces, la torre queda inundada, la eficiencia de los platos disminuye a un valor muy bajo, el flujo del gas es errático y el líquido puede forzarse hacia la tubería de salida en la parte superior de la torre.

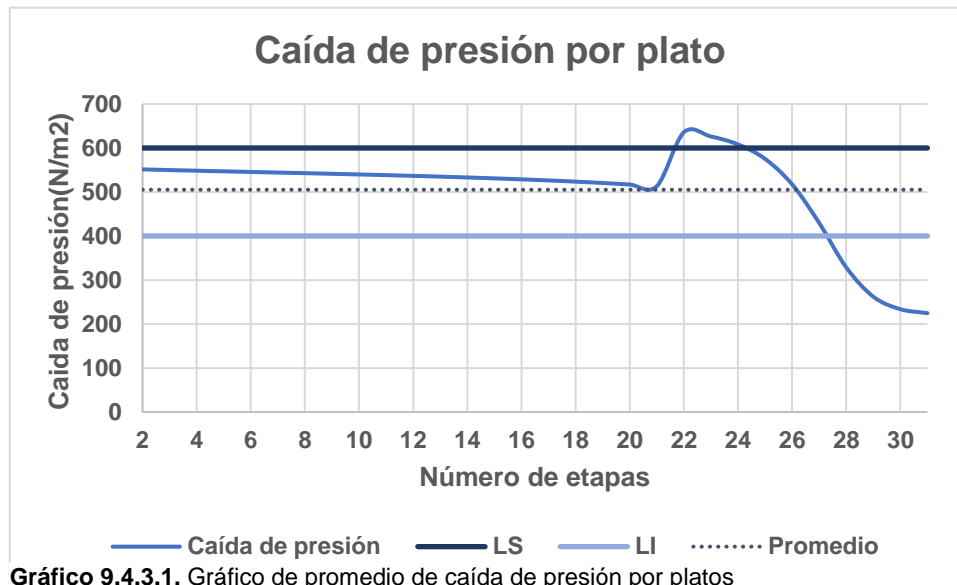
Caída de Presión Normal en torres empacadas

Dispositivo	Caída de presión
Torres empacadas	200 a 400 N/m ²

Tabla 9.4.3.1. Caída de presión recomendada para torres empacadas R. E. Treybal, "Operaciones de Transferencia de Masa," vol. Segunda Ed, 1980.

Etapa	Caída de presión por plato (atm)
2	0,0028366
3	0,00282892
4	0,00282157
5	0,00281444
6	0,00280743
7	0,00280045
8	0,0027934
9	0,0027862
10	0,00277875
11	0,00277096
12	0,00276273
13	0,00275395
14	0,0027445
15	0,00273425
16	0,00272302
17	0,00271063
18	0,00269688
19	0,00268151
20	0,00266423
21	0,00264473
22	0,00325185
23	0,00320427
24	0,00311517
25	0,0029507
26	0,00266181
27	0,00222301
28	0,00171581
29	0,00138024
30	0,00123608
31	0,00119046
Promedio	0,0026

Tabla 9.4.3.2. Promedio de caída de presión por plato



9.5. Etapa de Alimentación

Para estimar la etapa de alimentación, se realizaron distintas simulaciones en ASPEN PLUS® manteniendo las propiedades y caudales constantes, variando el plato de alimentación que diera la menor carga en el rehervidor. De estas simulaciones se concluyó que la etapa de alimentación debe ser en el plato 23. Dando como resultado una carga de 461,46 kW en el rehervidor.

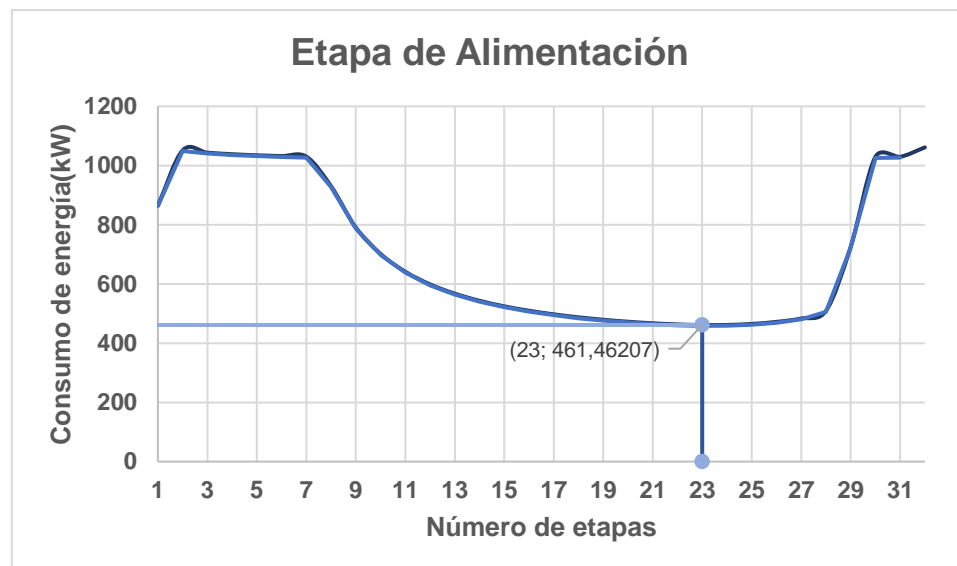


Gráfico 9.5.1. Gráfico de etapa de alimentación vs Consumo de energía

9.6. Perfiles de Composiciones

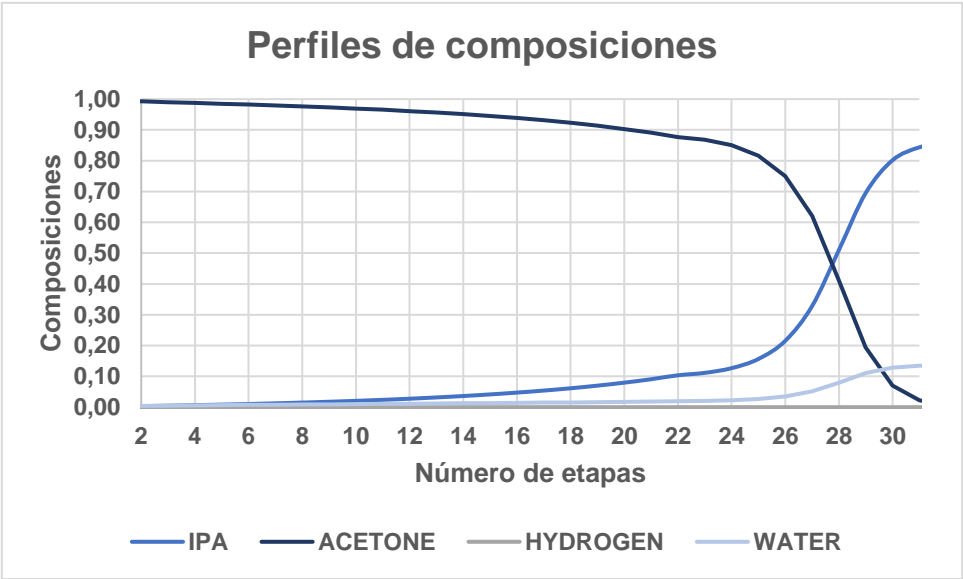


Gráfico 9.6.1. Perfiles de composiciones por número de etapas

9.7. Diseño mecánico

9.7.1. ASTM A285, Grado C

Se utilizará como material de diseño acero al carbono de bajo contenido de elementos de aleación, particularmente el material ASTM A285, Grado C. Este material, resulta ser el más utilizado en la industria, es por esto que se concluyó utilizar el mismo.

9.7.2. Propiedades físicas y mecánicas

ASTM A 285, Grado C		
Densidad	7800	kg/m ³
Esfuerzo de tensión	380-515	MPa
Menor esfuerzo de tensión	205	MPa

Tabla 9.7.2.1. Propiedades físicas y mecánicas de ASTM A285, Grado C.

9.7.3. Composición de los materiales

Carbón, C	$\leq 0,28\%$
Hierro, Fe	$\geq 98\%$
Manganeso, Mn	$\leq 0,90\%$
Fósforo, P	$\leq 0,035\%$
Azufre, S	$\leq 0,040$

9.7.4. Temperatura de diseño

Para la temperatura de diseño se considera la máxima temperatura a la cual operará la columna T-1103. Esta temperatura resulta ser de 174,62 °F [17]

$$T = 174,6\text{ }^{\circ}\text{F} + 34,92\text{ }^{\circ}\text{F}$$

Temperatura de diseño	
T operación [°F]	174,62055
Factor de seguridad, 2% T operación	34,924111
Tdiseño [°F]	209,54466

Tabla 9.7.4.1. Temperatura de diseño

9.7.5. Esfuerzo de material

Utilizando la tabla Propiedades de los materiales: Acero al carbono y de bajo contenido de elementos de aleación del Anexo VII Como el rango entra dentro de 20 a 650 °F entonces el esfuerzo será de 13.800 lb/in² [17]

9.7.6. Eficiencia de la junta

La eficiencia de la junta se extrae de la tabla "Tipo de juntas soldadas", que se encuentra dentro del Anexo VI. Dado que la junta del tipo 2 es la recomendada para uniones circunferenciales, se optará por esta para el diseño.[17]

9.7.7. Presión de diseño

Se recomienda diseñar un recipiente y sus componentes para una presión mayor que la de operación. Este requisito se satisface utilizando una presión de diseño de 30 lb/pulg² o 10 % más que la presión de trabajo, la que sea mayor. También debe tomarse en consideración la presión del fluido y de cualquier otra sustancia contenida en el recipiente.[17]

$$P = P_{op} + P_s \quad (\text{Ecuación 9.7.7.1})$$

Presión de diseño	
	1 atm
Pop	14,70 lb/in ²
Ps	30 lb/in ²
Pdiseño	44,70 lb/in ²

Tabla 9.7.7.1 Presión de diseño

9.7.8. Espesor del casco

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} + \text{tasa de corrosión} \quad (\text{Ecuación 9.7.8.1})$$

Donde:

- **P**=Presión de diseño [lb/in²]
- **S**=Valor del esfuerzo del material [lb/in²]
- **E**=Eficiencia de la junta
- **R**=Radio [in]
- **D**=Diámetro interior [in]
- **t**= Espesor de pared [in]

Espesor		
S	13800	lb/in ²
e	0,8	
D	27,324	in
R	13,6619042	in
P	44,70	lb/in ²
c	6	mm
	0,2362206	in
t	0,29166607	

Tabla 9.7.8.1 Espesor de casco

9.7.9. Espesor del cabezal

$$t = \frac{P \cdot R}{2S \cdot E - 0,3 \cdot P} + \text{tasa de corrosión} \quad (\text{Ecuación 9.7.9.1})$$

Donde:

- **P**=Presión de diseño [lb/in²]
- **S**=Valor del esfuerzo del material [lb/in²]
- **E**=Eficiencia de la junta
- **R**=Radio [in]
- **D**=Diámetro interior [in]
- **t**= Espesor de pared [in]

Espesor del cabezal		
S	13800	lb/in ²
e	0,8	
D	27,324	in
R	13,6619042	in
P	44,70	lb/in ²
c	6	mm
	0,2362206	in
	0,2638928	in
t	0,00670288	m

Tabla 9.10.1. Espesor del cabezal

9.7.10. Espesores disponibles en el mercado

Se toma como fuente la empresa Fortacero ® para verificar los espesores disponibles en el mercado. Dando como resultado la siguiente tabla.

ESPESOR		PESO		PESOS POR PLACA EN KILOS											
Pulgada	mm.	Kg/m2	Kg/pie2	3' X 6'	3' X 8'	3' X 10'	4' X 8'	4' X 10'	5' X 10'	5' X 20'	6' X 20'	6' X 40'	8' X 20'	8' X 40'	10' X 40'
3/16	0.187	4.8	37.78	4	---	*84	105	*112	140	176	351	421	---	562	1,123
1/4	0.250	6.3	50.38	5	---	*112	140	*150	187	234	468	562	---	749	---
5/16	0.312	7.9	62.97	6	---	*140	176	*187	234	293	585	702	---	936	---
3/8	0.375	9.5	75.56	7	---	*168	211	*225	281	351	702	842	1,685	1,123	2,246
7/16	0.437	11.1	88.05	8	---	---	246	---	---	---	---	983	---	---	---
1/2	0.500	12.7	100.75	9	---	*225	281	*300	374	468	936	1,123	2,246	1,498	2,995
															3,744

Tabla 9.7.10.1 Espesores disponibles en el mercado

9.8. Altura de la columna T-1103

9.8.1. Longitud del área cilíndrica

Considerando que la torre T-1103 se compone de un cilindro y dos cabezales, se calculara el largo del cilindro y se le sumaran las alturas de ambos cabezales. De esta manera, se obtendrá la altura total de la torre T-1103.[18]

$$L_c = n^{\circ} \text{ platos. (espacio entre platos + espesor platos) } \quad (\text{Ecuación 3.9.1.1})$$

Longitud área cilíndrica	
N° platos equivalentes	32
Diámetro de la torre [m]	0,69402436
Espacio equivalente platos[m]	0,50225
Longitud total [m]	16,072

Tabla 9.8.1.1 Longitud de área cilíndrica

9.8.2. Longitud de los cabezales

La longitud de los cabezales vendrá dada por la siguiente ecuación [18]

$$l_{\text{cabezales}} = n^{\circ} \text{ cabezales. (altura cabezal + espesor cabezal) } \quad (\text{Ecuación 3.9.1.1})$$

Longitud cabezales	
Altura cabezal [m]	0,157
Espesor placa cabezal[m]	0,0079375
Longitud total [m]	0,32987499

Tabla 9.8.2.1. Longitud de cabezales

9.8.3. Altura de la torre T-1103

Altura de la torre	
Altura total [m]	16,401875

Tabla 9.8.3.1. Altura de la torre

Por lo tanto, se concluye que la altura total de la torre es de aproximadamente 16 metros.

9.9. Diseño de torres altas

9.9.1. Cargas por viento

Las torres sujetas al empuje del viento se consideran como vigas en voladizo con carga uniforme.

El cálculo de la carga por viento se basa en la norma A58.1-1982 de ANSI. Si las características

del terreno y los registros locales indican que las velocidades del viento en 50 años a una altura estándar son mayores que las que se indican en el mapa, dichos valores mayores deberán considerarse como la velocidad del viento mínima básica.

La presión de diseño del viento se determina para cualquier altura mediante la siguiente fórmula[17]

$$P = q_s \cdot C_e \cdot C_q \quad (\text{Ecuación 9.9.1.1})$$

Donde:

- **P**=presión de diseño del viento [lb/ft²]
- **qs**= presión de estancamiento del viento a la altura estándar de 30 ft tal como fue tabulada

Velocidad básica del viento, mph	70	80	90	100	110	120	130
Presión qs, [lb/ft ²]	13	17	21	26	31	37	44

Tabla 10.9.1.1 Velocidad básica del viento

9.9.1.1. Velocidad del viento en Zárate muestra del año 2022

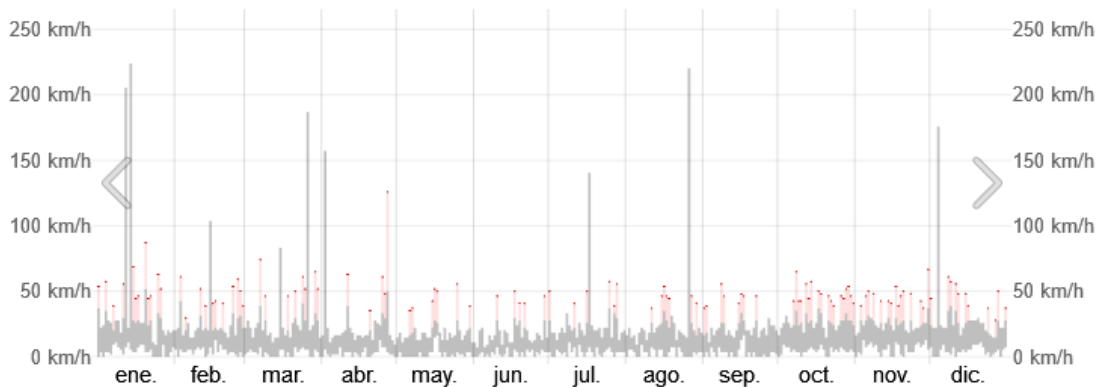


Ilustración 9.9.1.1.1 Velocidad de viento Zárate muestra año 2022

9.9.1.2. Mayor ráfaga registrada en el año 2022

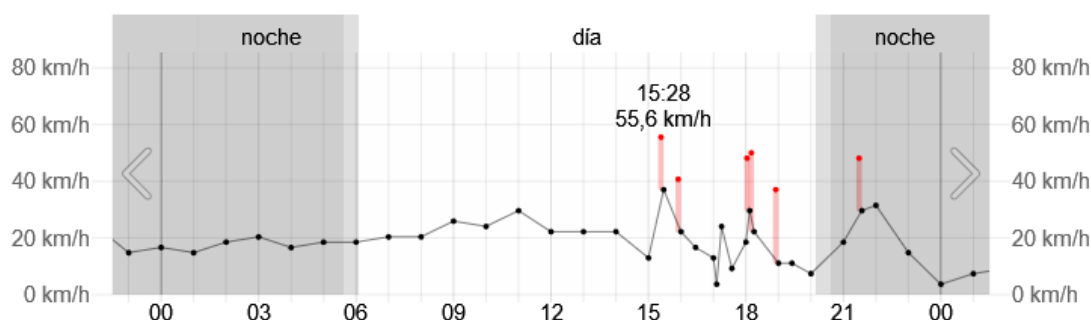


Ilustración 9.9.1.2.1 Mayor ráfaga registrada en Zárate en el año 2022

Se tomará la mayor ráfaga registrada en Zárate, que es igual a 55,6 km/h.

Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

Por lo tanto, podemos decir que para esta velocidad se tabula un valor de 13 lb/ft² de qs.[17]

- **Cq=** Coeficiente de presión (factor de forma):

– Torres cuadradas o rectangulares	1.4
– Torres hexagonales u octagonales	1.1
– Torres redondas o elípticas	0.8
– Si hay cualquier equipo conectado a la torre, se recomienda incrementar Cq hasta 0.9 para recipientes cilíndricos	0.9

Se elige un coeficiente de presión por factor de forma de 0,9 dado que existen dos equipos conectados a la torre T-1103, estos son el condensador total y el rehervidor del fondo.

Ce=Altura combinada, exposición y coeficiente del factor por ráfagas como se ha tabulado:

Altura sobre el piso, ft	Coeficiente Ce	
	Exposición C	Exposición B
0-20	1.2	0.7
20-40	1.3	0.8
40-60	1.5	1.0
60-100	1.6	1.1
100-150	1.8	1.3
150-200	1.9	1.4
200-300	2.1	1.6
300-400	2.2	1.8

Tabla 9.9.1.2.1 Coeficiente Ce E. F. Megyesy, Manual De Recipientes a Presion. 1992.

Dados que la exposición C representa a la más severa, en terreno plano y generalmente abierto. Donde se extiende media milla o más de desde donde se localiza la torre, se optará por utilizar esta exposición. Para una altura de 16.4 metros que equivale a 53,81 ft obtenemos un coeficiente Ce de 1,3.

9.9.2. Presión de diseño por viento

Presión de diseño por viento	
q_s [lb/ft ²]	13
C_e	1,3
C_q	0,9
P_v [lb/ft ²]	15,21

Tabla 9.2.1. Presión de diseño por viento

Por lo tanto, la presión de diseño por viento es de 15,21 lb/ft²

9.10. Diseño de cañerías

En el siguiente capítulo se realizará un cálculo preliminar de las medidas de las tuberías tanto de entrada como de salida de la torre T-1103.

9.10.1. Diámetro de conexiones a T-1103

Teniendo en cuenta que normalmente se toman velocidades de líquidos en cañerías entre 1 a 2 m/s y en vapores de 25 a 40 m/s, se calculará el diámetro con la siguiente expresión.

$$Diámetro = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} \quad (Ecuación 9.10.1.1)$$

Donde:

- $Q = m^3/h$
- $V = m/s$

Se tomarán como velocidades los promedios de las velocidades utilizadas normalmente. Siendo así 1,5 m/s para el líquido y 32,5 m/s para el vapor.

Diámetro alimentación	
Q [m3/s]	4,811E-04
v[m/s]	1,5
De	0,020207905 m
	0,795586798 in
Diámetro nominal	1 in

Tabla 9.10.1.1. Diámetro de alimentación

Diámetro tope	
Q [m3/s]	4,03E-01
v[m/s]	32,5
De	0,125590971 m
	4,944526424 in
Diámetro nominal	6 in

Tabla 9.10.1.2. Diámetro tope

Diámetro reflujo	
Q [m3/s]	7,09E-04
v[m/s]	1,5
De	0,024536909 m
	0,96602003 in
Diámetro nominal	1 in

Tabla 9.10.1.3. Diámetro reflujo

Diámetro fondo	
Q [m ³ /s]	7,66E-04
v[m/s]	1,5
De	0,025494071 m
	1,003703592
Diámetro nominal	1 1/2 in

Tabla 9.10.1.9.2. Diámetro fondo

Diámetro reflujo vapor	
Q [m ³ /s]	3,32E-01
v[m/s]	32,5
De	0,114089605 m
	4,491716714 in
Diámetro nominal	6 in

Tabla 9.10.1.5. Diámetro reflujo vapor

9.11. Espesor de faldón

Un faldón es el soporte de uso más frecuente y el más satisfactorio para los recipientes verticales. Se une por soldadura continua a la cabeza y por lo general, el tamaño requerido de esta soldadura determina el espesor del faldón.[17]

9.11.1. Espesor requerido por flexión longitudinal debida a la presión del viento. Momento en la base (M)

$$Mt = P_w \cdot D \cdot H = V \cdot h \quad (\text{Ecuación 10.11.1.1})$$

Donde:

- P_w = Presión de diseño por viento [lb/ft²]
- D = Diametro torre [in]
- H =[in]
- $h=H/2$ =[in]
- V =Fuerza cortante total=lb

Espesor del faldón	
P_w	15,21 lb/ft ²
D	2,107800471 ft
H	53,81455185 ft
Mt	1725,275437 lb

Tabla 9.11.1.1. Espesor de faldón

9.11.2. Momento soportado por el faldón

$$M = V \cdot h \quad (\text{Ecuación 10.11.2.1})$$

Momento soportado por el faldón	
Mt	1725,275437 lb
h	26,90727592 ft
M	46422,46223 lb.ft

Tabla 9.11.2.1. Momento soportado por el faldón

9.11.3. Espesor requerido

$$\frac{12 \cdot M_T}{R^2 \pi S E} \quad (\text{Ecuación 10.11.3.1})$$

Donde:

- M_t [lb]
- R = Radio torre [in]
- E =Eficiencia de la junta del faldón [lb/in²]
- S =Esfuerzo del faldón [lb/in²]

Espesor requerido	
M	1725,275437 lb
R	1,053900236 in
E	0,8
S	13800 lb/in ²
t	0,53742979 in
	13,67221386 mm

Tabla 9.11.3.1. Espesor requerido

9.11.4. Espesor debido al peso, ya montada

$$S = \frac{W}{C_m t} \quad (\text{Ecuación 3.16.4.})$$

Espesor debido al peso	
W	54876,39803 lb
c	66 in
S	13800 lb/in ²
ts	0,060250766 in
	1,532779497 mm

Tabla 9.11.4.1. Espesor debido al peso

Donde:

W = Peso torre en operación [lb]

c = Circunferencia del casco sobre el diámetro medio

S =Valor de esfuerzo del material [lb/in²]

9.12. Peso total de la torre

En el siguiente capítulo se calculará el peso total de la torre [18]

9.12.1. Volumen del cabezal

El volumen del cabezal viene dado por:

$$V_{torisférico} = 0,008089 \cdot D^3 = 0,008089(do - 2t)^3 \quad (\text{Ecuación 10.12.1.1})$$

Volumen Cabezales	
D	0,69402436 m
t	0,00670288 m
V	0,00015369 m ³

Tabla 9.12.1.1. Volumen Cabezales

9.12.2. Volumen cilindro

$$V_{cilindro} = \pi \cdot d^2 \cdot L \quad (\text{Ecuación 10.12.2.1})$$

Volumen cilindro	
d	0,69402436 m
h	16,072 m
t	0,0079375 m
V	0,55947983 m ³

Tabla 9.12.2.1. Volumen cilindro

9.12.3. Volumen relleno

$$Volumen_{relleno} = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot h_{relleno} \cdot \varepsilon \quad (\text{Ecuación 10.12.2.1})$$

Peso relleno	
D	0,69402436 m
ε	0,74
ρ	660 kg/m ³
hrelleno	15,0675 m
V	4,21805493 m ³

Tabla 9.12.3.1. Peso relleno

9.13. Peso total de la torre vacía

El peso total sin carga de la torre se muestra en la siguiente tabla

Peso Total sin carga		
ρ	7800	kg/m ³
V_{torre}	0,5597872	m ³
M_{relleno}	2783,91625	kg
M_{torre}	4366,34018	kg
M_{total}	7150,25643	kg

Tabla 9.13.1 Peso total sin carga

9.13.1. Prueba hidráulica

Tomando como referencia al agua para la prueba hidráulica, se tomará a la misma con una densidad de 1000 kg/m³

9.13.2. Peso total de la torre con carga

Por lo tanto, para la prueba hidráulica el peso de la torre viene dado por[18]:

$$M_{\text{torre vacía}} = \text{Volumen}_{\text{cilindro}} + 2 \cdot \text{Volumen}_{\text{cabezal}} \quad (\text{Ecuación 10.13.2.1})$$

$$M_{\text{torre con carga}} = \text{Volumen}_{\text{torre sin carga}} \cdot \rho_{H_2O} \quad (\text{Ecuación 10.13.2.2})$$

$$M_{\text{torre con carga}} = M_{\text{torre vacía}} + M_{\text{torre con carga}} \quad (\text{Ecuación 10.13.2.3})$$

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Peso total con carga		
$V_{\text{torre sin carga}}$	24,3257248	m ³
ρ	1000	kg/m ³
$M_{\text{torre con carga}}$	31475,9813	kg

Tabla 9.13.2.1. Peso total con carga

9.13.3. Registro de hombre

Todos los recipientes sujetos a presión que contendrán aire comprimido y aquellos sometidos a corrosión interna, erosión o abrasión mecánica, deben proveerse de un registro para hombre, un registro para la mano u otras aberturas de inspección para ser revisados y limpiados. El registro de inspección elegido es una de las opciones permitidas por el Código, UG-46, en vista de que se estiman como las más económica. La ubicación preferible de las aberturas de inspección pequeñas es en cada cabeza o cerca de cada cabeza. En lugar de dos aberturas pequeñas puede tenerse una sola abertura, siempre que sea de tamaño tal y esté ubicada en tal forma que permita por lo menos tener una visión igual del interior. Dado que la torre tiene un diámetro de 0,69 m (27 in) se considera la siguiente tabla para el registro de hombre.[17]

Diámetro interior del recipiente	Registro de inspección requerido
8 pulg a 36 pulg inclusive	Registro de hombre con un mínimo de 15 pulg de DI o dos aberturas con tubo roscado de 2 pulg de diámetro

Tabla 9.13.3.1. Diámetro sugerido E. F. Megyesy, Manual De Recipientes a Presión. 1992.

Se deciden utilizar 3 puntos de registro en la torre;

1. Tope de la columna (Primer plato equivalente)
2. Mitad de columna (Cercano al plato equivalente de alimentación)
3. Fondo de columna (Ultimo plato equivalente)

9.14. Medida de seguridad-Válvula de alivio de presión

Las válvulas de alivio de presión se usan comúnmente para proteger las columnas de destilación de la sobrepresión en situaciones de emergencia como la pérdida de enfriamiento. Por este motivo se decide instalar una válvula de alivio de presión en la torre T-1103. De esta manera ante una sobrepresión de la columna la válvula actuará liberando la presión de la misma.

10. Instrumentación y control del proceso

En el siguiente capítulo se analizarán los lazos de control propuestos para el proceso. Se analizará equipo por equipo.

10.1. Lazo de control para tanques

Los tanques presentes en el proceso tendrán la misma lógica de control

10.2. Tanque de Almacenamiento V-1101

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido abandona al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1101) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1101). La señal de salida va a la válvula de control (V100) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

10.3. Tanque de almacenamiento V-1102

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido que abandona al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1102) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1102). La señal de salida va a la válvula de control (V-101) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

10.4. Evaporador Kettle-Reboiler E-1101

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del evaporador. El nivel del evaporador es controlado por medio de la manipulación del flujo de vapor que ingresa al evaporador. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT E-1101) es enviada a un controlador de nivel (LIC E-1101). La señal de salida va a la válvula de control (V-102) que establece el flujo de entrada del vapor.

10.5. Precalentador E-1102

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar la temperatura del lado de la coraza. La temperatura del intercambiador es controlada por medio de la manipulación del flujo de la sal fundida del lado de la coraza. La señal de temperatura del transmisor de temperatura (TT E-1102) se toma a la entrada del reactor (R-1101) y es enviada a un controlador de temperatura (LIC E-1102). La señal de salida va a la válvula (V-103) que establece el flujo de sal fundida de entrada.

10.6. Reactor R-1101

El control del Reactor R-1101 se realiza de forma indirecta por medio del calor que le aporta el horno H-1101. Se instalará únicamente un indicador de temperatura del mismo, el cual ofrecerá la temperatura del reactor constantemente.

10.7. Horno H-1101

Para el siguiente dispositivo se eligen como variables a manipular el flujo de entrada de los gases combustibles, mediante la temperatura de la salmuera a la entrada de la coraza del reactor (R-1101). A su vez, se controla el caudal de sal muera que ingresa al horno y es calentada para luego ingresar a la coraza del reactor (R-1101). La temperatura es controlada mediante la manipulación de los flujos de entrada del combustible (Gas Natural) y del aire. Los mismos son controlados mediante el controlador de relación (FY H-1101-2) para que mantengan una relación estequiométrica que asegure la correcta combustión y la energía necesaria para lograr calefaccionar el reactor y mantener el estado de isoterminia. Por otro lado, la señal del transmisor de flujo (FT H-1101-1) que sale de la placa orificio es enviada a un controlador de flujo (FIC H-1101). La señal de salida va a la válvula V-104 y establece el flujo de la sal muera.

10.8. Tanque de almacenamiento V-1108

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido que abandona al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1108) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1108). La señal de salida va a la válvula de control (V-128) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

10.9. Intercambiador de calor E-1103

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar la temperatura del lado de la coraza. La temperatura del intercambiador es controlada por medio de la manipulación del flujo del agua de refrigeración. La señal de temperatura del transmisor de temperatura (TT E-1103) se toma a la salida del lado de la coraza y es enviada a un controlador de temperatura (TIC E-1103). La señal de salida va a la válvula (V-105) que establece el flujo de agua de refrigeración de entrada.

10.10. Condensador E-1104

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar la temperatura del lado de la coraza. La temperatura del intercambiador es controlada por medio de la manipulación del flujo del agua de refrigeración. La señal de temperatura del transmisor de temperatura (TT E-1104) se toma a la salida del lado de la coraza y es enviada a un controlador de temperatura (TIC E-1104). La señal de salida va a la válvula (V-106) que establece el flujo de agua de refrigeración de entrada.

10.11. Separador de fases V-1103

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del separador y la presión del separador. El nivel del separador es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido que abandona al mismo. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1103) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1104). La señal de salida va a la válvula de control (V-109) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel. La presión del separador es controlada por medio de la manipulación del flujo de vapor que sale por el tope. La señal de presión del transmisor de presión (PT V-1103) es enviada a un

controlador de presión (PIC V-1103). La señal de salida va a la válvula de control (V-109) que establece el flujo de salida del vapor.

10.12. Torre de absorción T-1101

Para el siguiente dispositivo se elige como variables a controlar, la presión del dispositivo y el nivel. El nivel de la torre es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido que abandona a la torre por el fondo. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT T-1101) es enviada a un controlador de nivel (LIC T-1101). La señal de salida va a la válvula de control (V-113) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel. La presión de la torre es controlada por medio de la manipulación del flujo de vapor que abandona a la torre por el tope. La señal del transmisor (PT T-1101) es enviada a un controlador de presión (PIC T-1101). La señal de salida va a la válvula V-110 que establece el flujo de vapor de salida.

10.13. Tanque pulmón V-1104

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido que abandona al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1104) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1104). La señal de salida va a la válvula de control (V-114) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

10.14. Torre de destilación T-1102

Para el siguiente dispositivo se eligen las siguientes variables a controlar:

- Presión
 - Temperatura
 - Reflujo
 - Nivel
-
- Presión: La presión se controlará por medio de la salida de no condensables del condensador parcial E-1103. La presión de la columna es controlada por medio de la manipulación del flujo de salida de gases no condensables. La señal de presión del transmisor de presión (PT T-1102) es enviada a un controlador de presión (PIC T-1102). La señal de salida va a la válvula de control (V-116) que establece el flujo de gases no condensables a la salida.
 - Temperatura: La temperatura de la torre (T-1102) se controlará por medio de la manipulación del flujo de vapor que ingresa al evaporador kettle-reboiler. La señal de temperatura del transmisor de temperatura (TIT T-1102) es enviada a un controlador de temperatura (TIC T-1102). La señal de salida va a la válvula de control (V-119) que establece el flujo de entrada de vapor al evaporador.
 - Reflujo: La tasa de flujo de destilado es manipulada para controlar el nivel del tanque de reflujo. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1104) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1104). La señal de salida va a la válvula de control (V-118) que establece el flujo de destilado a la salida. La tasa de líquido reflujo a la columna T-1102 es controlada mediante la manipulación del resultado de la bifurcación del caudal de salida del tanque de reflujo V-1105 y el caudal de destilado. Si por alguna razón, la lógica de control falla actuará el sensor de alto-alto. La señal del transmisor de flujo (FT T-1102) y la señal de salida de (FT T-1102) es enviada al controlador de flujo (FIC T-1102). El

resultado de esta señal de salida va a la válvula (V-117) que establece el caudal de reflujo a la torre T-1102.

Esta lógica de control sigue la siguiente ecuación:

$$R = \frac{Lo}{D} \quad (Ecuación 4.14.1)$$

Siendo fija la relación de reflujo si por algún motivo el tanque V-1105 rebalsa, entonces se abrirá la válvula V-118. Al abrirse la válvula V-118 el caudal de destilado aumentará, por lo tanto, la válvula V-117 deberá cerrar hasta conseguir la relación de reflujo seteada. A su vez, a la torre T-1103 ingresará mayor caudal de destilado, lo que supondrá una mayor tasa de líquido de salida del tanque de reflujo. Por lo tanto, como el reflujo depende del nivel que haya en el tanque de reflujo (V-1106) la válvula V-122 deberá cerrar, y la válvula V-121 deberá abrir. De esta manera, se mantiene el destilado estipulado, y la relación de reflujo.

10.15. Tanque pulmón V-1105

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido que abandona al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1101) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1101). La señal de salida va a la válvula de control (V100) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

10.16. Torre de destilación T-1103

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido que abandona al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1104) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1104). La señal de salida va a la válvula de control (V-114) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

10.17. Torre de destilación T-1102

Para el siguiente dispositivo se eligen las siguientes variables a controlar:

- Presión
 - Temperatura
 - Reflujo
 - Nivel
-
- Presión: La presión se controlará por medio de la entrada del refrigerante al condensador total E-1103. La presión de la columna es controlada por medio de la manipulación del flujo de entrada de refrigerante. La señal de presión del transmisor de presión (PT T-1103) es enviada a un controlador de presión (PIC T-1103). La señal de salida va a la válvula de control (V-116) que establece el flujo de entrada de refrigerante.
 - Temperatura: La temperatura de la torre (T-1103) se controlará por medio de la manipulación del flujo de vapor que ingresa al evaporador kettle-reboiler. La señal de temperatura del transmisor de temperatura (TIT T-1103) es enviada a

- un controlador de temperatura (TIC T-1103). La señal de salida va a la válvula de control (V-123) que establece el flujo de entrada de vapor al evaporador.
- Reflujo: La tasa de flujo de destilado es manipulada para controlar el nivel del tanque de reflujo. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1106) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1106). La señal de salida va a la válvula de control (V-118) que establece el flujo de destilado a la salida. Si por alguna razón falla la lógica de control, se instalará una lógica de control independiente alto-alto para mitigar este escenario. La tasa de líquido reflujo a la columna T-1102 es controlada mediante la manipulación del resultado de la bifurcación del caudal de salida del tanque de reflujo V-1105 y el caudal de destilado. La señal del transmisor de flujo (FT T-1103) y la señal de salida de (FT T-1103) es enviada al controlador de flujo (FIC T-1103). El resultado de esta señal de salida va a la válvula (V-117) que establece el caudal de reflujo a la torre T-1103.

10.18. Tanque pulmón V-1106

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido bombeado al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1101) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1101). La señal de salida va a la válvula de control (V100) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

10.19. Tanque de almacenamiento V-1107

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido bombeado al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1101) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1101). La señal de salida va a la válvula de control (V100) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

10.1. Tanque de almacenamiento V-1108

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido bombeado al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1108) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1108). La señal de salida va a la válvula de control (V100) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

10.1. Tanque de almacenamiento V-1109

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido bombeado al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1108) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1101). La señal de salida va a la válvula de control (V100) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

10.1. Tanque de almacenamiento V-1110

Para el siguiente dispositivo se elige como variable a controlar el nivel del tanque. El nivel del tanque es controlado por medio de la manipulación del flujo de líquido bombeado al tanque. La señal de nivel del transmisor de nivel (LT V-1108) es enviada a un controlador de nivel (LIC V-1108). La señal de salida va a la válvula de control (V100) que establece el flujo de líquido de salida. Si por algún motivo nuestra lógica de control falla, se instalará un sistema de lógica independiente al establecido mediante un sensor de alto-alto nivel.

11. LAYOUT

11.1. Distribución de la planta

11.1.1. Objetivos y principios básicos de la distribución de la planta

Una buena distribución de la planta es la que proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores. distribución de la planta proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores[2]

11.2. Distribución de la planta

Los objetivos y principios básicos de una distribución de la planta son los siguientes:

1. Integración total

Consiste en integrar en lo posible todos los factores que afectan la distribución, para obtener una visión de todo el conjunto y la importancia relativa de cada factor.

2. Mínima distancia de recorrido

Al tener una visión general de todo el conjunto, se debe tratar de reducir en lo posible el manejo de materiales, trazando el mejor flujo.

3. Utilización del espacio cúbico

Aunque el espacio es de tres dimensiones, pocas veces se piensa en el espacio vertical. Esta acción es muy útil cuando se tienen espacios reducidos y su utilización debe ser máxima.

4. Seguridad y bienestar para el trabajador

Éste debe ser uno de los objetivos principales en toda distribución.

11.2.1. Tipos de proceso y sus características

Cualquiera que sea la manera en que esté hecha una distribución de la planta, afecta al manejo de los materiales, la utilización del equipo, los niveles de inventario, la productividad de los trabajadores, e inclusive la comunicación de grupo y la moral de los empleados. La distribución está determinada en gran medida por:

1. El tipo de producto (ya sea un bien o un servicio, el diseño del producto y los estándares de calidad).
2. El tipo de proceso productivo (tecnología empleada y materiales que se requieren).
3. El volumen de producción (tipo continuo y alto volumen producido o intermitente y bajo volumen de producción).

Existen tres tipos básicos de distribución:

a) Distribución por proceso Agrupa a las personas y al equipo que realizan funciones similares y hacen trabajos rutinarios en bajos volúmenes de producción. El trabajo es intermitente y guiado por órdenes de trabajo individuales. Éstas son las principales características de la distribución por proceso: son sistemas flexibles para trabajo rutinario, por lo que son menos vulnerables a los paros. El equipo es poco costoso, pero se requiere mano de obra especializada para manejarlo, lo cual proporciona mayor satisfacción al trabajador. Por lo anterior, el costo de supervisión por empleado es alto, el equipo no se utiliza a su máxima capacidad y el control de la producción es más complejo.

b) Distribución por producto Agrupa a los trabajadores y al equipo de acuerdo con la secuencia de operaciones realizadas sobre el producto o usuario. Las líneas de ensamble son características de esta distribución con el uso de transportadores y equipo muy automatizado para producir grandes volúmenes de, relativamente, pocos productos. El trabajo es continuo y se guía por instrucciones estandarizadas. Sus principales características se mencionan a continuación. Existe una alta utilización del personal y del equipo, el cual es muy especializado y costoso. El costo del manejo de materiales es bajo y la mano de obra no es especializada. Como los empleados efectúan tareas rutinarias y repetitivas, el trabajo se vuelve aburrido. El control de la producción es simplificado, con operaciones interdependientes, y por esa razón la mayoría de este tipo de distribuciones es inflexible.

c) Distribución por componente fijo Aquí la mano de obra, los materiales y el equipo acuden al sitio de trabajo, como en la construcción de un edificio o un barco. Tienen la ventaja de que el control y la planeación del proyecto pueden realizarse usando técnicas como el CPM (ruta crítica) y PERT.

11.3. Métodos de distribución

11.3.1. Diagrama de recorrido y SLP

La distribución de una planta debe integrar numerosas variables interdependientes. Una buena distribución reduce al mínimo posible los costos no productivos, como el manejo de materiales y el almacenamiento, mientras que permite aprovechar al máximo la eficiencia de los trabajadores. El objetivo de cada una de las distribuciones es:

a) Distribución por proceso Reducir al mínimo posible el costo del manejo de materiales, ajustando el tamaño y modificando la localización de los departamentos de acuerdo con el volumen y la cantidad de flujo de los productos.

b) Distribución por producto Aprovechar al máximo la efectividad del trabajador agrupando el trabajo secuencial en módulos de operación que producen una alta utilización de la mano de obra y del equipo, con un mínimo de tiempo ocioso. Los métodos para realizar la distribución por proceso o funcional son el diagrama de recorrido y el SLP (Systematic Layout Planning).

11.4. Distribución de planta

Para realizar la distribución se utiliza el método de Distribución Sistemática de las Instalaciones de la Planta o SLP (Systematic Layout Planning), el cual consiste en obtener un diagrama de relación de actividades construido con dos códigos. El primero de ellos es un código de cercanía representado por letras y por líneas, donde cada letra (o número de líneas) representa la necesidad de que dos áreas estén ubicadas cerca o lejos una de la otra; el segundo código es de razones, representado por números, cada número representa por qué se decide que un área esté cerca o lejos de otra

Letra	Orden de proximidad	Valor en líneas
A	Absolutamente necesaria	=====
E	Especialmente importante	=====
I	Importante	=====
O	Ordinaria o normal	=====
U	Unimportant (sin importancia)	=====
X	Indeseable	=====
XX	Muy indeseable	=====

Tabla 11.4.1. Ordenes de proximidad

El resultado de la matriz se muestra a continuación

		Recepción de materiales y embarques del producto terminado	Almacén	Almacén productos inflamables	Departamento de producción	Control de calidad	Comedor	Pañol	Laboratorio	Servicios auxiliares	Sala de control	Estacionamiento	Sanitarios	Enfermería	Oficinas Administrativas	Mantenimiento	Tratamiento de efluentes	Almacenamiento de materias Primas	Almacenamiento producto terminado
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Recepción de materiales y embarques del producto terminado		E	X	E	O	U	A	O	U	U	U	U	U	I	A	U	X	X
2	Almacén			I	E	U	U	A	I	U	U	O	U	O	I	A	U	O	O
3	Almacén productos inflamables				X	U	X	X	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Departamento de producción					A	U	E	A	A	A	X	X	A	X	A	I	E	E
5	Control de calidad						U	I	A	E	A	I	U	I	I	I	X	I	I
6	Comedor							O	O	O	U	U	I	I	I	O	X	X	X
7	Pañol								O	O	O	U	U	U	I	E	I	I	I
8	Laboratorio									I	O	I	U	I	O	U	A	U	U
9	Servicios auxiliares										E	X	X	I	I	I	I	I	I
10	Sala de control											I	O	I	O	I	A	U	U
11	Estacionamiento												I	E	E	O	O	X	X
12	Sanitarios													I	I	I	X	X	X
13	Enfermería														I	E	E	X	X
14	Oficinas Administrativas															O	X	X	X
15	Mantenimiento																E	I	I
16	Tratamiento de efluentes																	X	X

Tabla 11.4.2 Matriz de distribución

11.4.1. Diagrama de Líneas

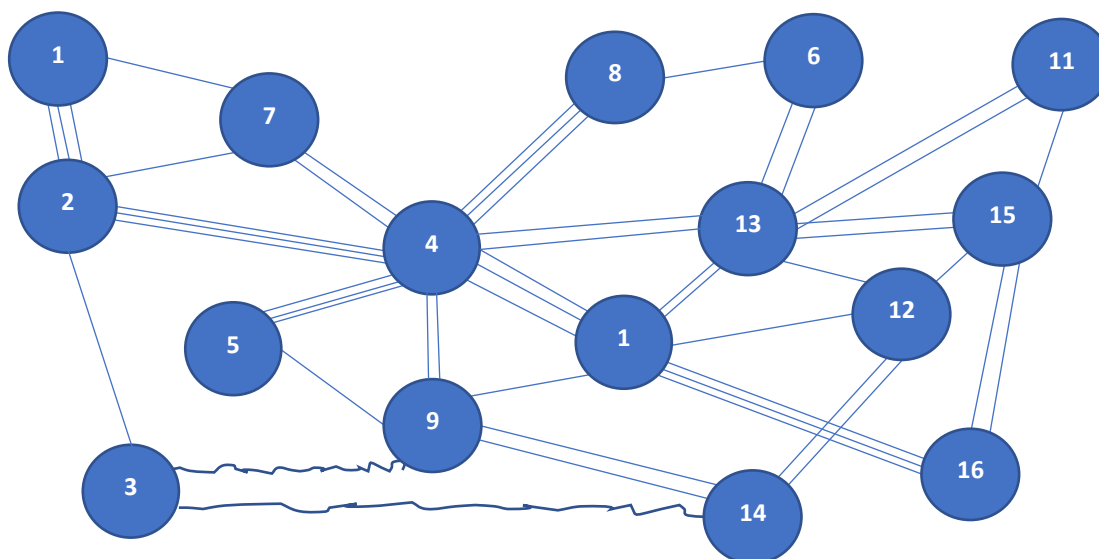


Gráfico 11.4.2. Diagrama de líneas

En el siguiente diagrama se pueden ver las interacciones de los distintos departamentos y así tomar una decisión de cuál es la mejor disposición de los mismos en planta.

11.5. Distanciamiento entre equipos

En el siguiente capítulo se detallan las medidas seleccionadas para el distanciamiento entre equipos, todas las recomendaciones fueron tomadas de [19].

11.5.1. Tanques de almacenamiento y torres

Tenga en cuenta los efectos potenciales de un incendio por derrame de recipientes con grandes volúmenes de líquido al ubicar equipos adyacentes. Se pueden encontrar grandes volúmenes de líquido. en torres, recipientes a presión, reactores, tambores compensadores, acumuladores, tanques, y desaladoras. Separe estos tipos de recipientes de calentadores encendidos y rehervidores que no están asociados con ese recipiente. Separación de la unidad las tuberías proporcionarán acceso portátil para extinción de incendios. No coloque estos recipientes debajo de tuberías o intercambiadores de calor enfriados por aire. Por lo tanto, según la tabla las distancias entre tanques serán de 5 metros.

11.5.2. Reactores

El espaciamiento del reactor se puede reducir de los valores dados en el Apéndice A cuando el reactor y el otro equipo manejan el mismo material, tienen el mismo nivel de construcción y plantean los mismos peligros. Se debe proporcionar acceso de mantenimiento. Los reactores en servicio idéntico pueden ubicarse tan cerca como lo permitan el acceso de mantenimiento y las necesidades de extinción de incendios. Por lo tanto, según la tabla se propone una distancia de 5 metros entre intercambiadores, y en el caso del rehervidor kettle-reboiler de 30 metros.

11.5.3. Intercambiadores de calor

Cuando ubique los intercambiadores de calor, proporcione suficiente acceso para permitir cegamiento y extracción del haz de tubos. Aparte de los intercambiadores apilados, no ubique el equipo sobre intercambiadores de calor que contengan líquidos inflamables, o líquidos combustibles que se calientan por encima de su temperatura de autoignición. La distancia entre ellos, según la tabla será de 5 metros.

11.5.4. Horno

Los calentadores a fuego son una fuente de ignición continua. Localícelos contra el viento de fuentes potenciales de liberación de vapores inflamables para minimizar el potencial de incendios y explosiones. Ubicar los calentadores encendidos en los límites de la batería de la unidad proporciona buen acceso y maximiza la separación. Separe los calentadores encendidos de los equipos que contengan líquidos inflamables y respiraderos que puedan liberar vapores. Una excepción a esta distancia es cuando los calentadores están alimentando reactores y es deseable minimizar la longitud de la línea de transferencia de gran diámetro. Por lo tanto, según la tabla se propone una distancia de 15 metros entre tanques, y 30 metros entre intercambiadores.

12. Isométrico

En el siguiente capítulo se desarrollará el procedimiento para realizar el diagrama isométrico de la sección elegida. Esta misma es la conexión del tanque V-1110 hacia el tanque de almacenamiento de producto, en este caso, Acetona.

Para la realización del mismo, se tuvo en cuenta la separación real de equipos, y se graficaron tanto los instrumentos auxiliares de una línea (válvulas, codos, etc.) como los instrumentos principales, en este caso, los dos tanques. El mismo se realizó con una inclinación de 30° y medidas en mm.

12.1. Pérdidas de carga

$$hl = \left(f \frac{L}{D} + \sum kl \right) \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ecuación 12.1.1})$$

12.2. Balance de energía

$$\Delta h = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + hl \quad (\text{Ecuación 12.2.1})$$

Dado que en nuestro sistema las presiones en ambos tanques son iguales (1 atm) se anula esta energía. Además, dado que la cañería es la misma para nuestro sistema este término también se puede cancelar. Lo que resulta en la siguiente ecuación:

$$\Delta h = (Z_2 - Z_1) + hl \quad (\text{Ecuación 12.2.2})$$

12.3. Configuración de los tanques

Configuración tanques		
Tanques		
Tanque V-1110 (Z1)	2,52	m
Tanque V-0003 (Z2)	5,06	m

Tabla 12.3.12.1 Configuración de tanques

12.3.1. Tanque V-0003

Se instalará un tanque capaz de almacenar un stock de producto de 5 días. Sus configuraciones son las siguientes:

V-0003		
m	1,49328637	kg/h
ρ	763,926807	kg/m ³
τ	120	h
h	5,06	m
D/h	1,33	
D	6,73	m
factor	1,2	
V1	180	m ³

Tabla 12.3.1.1. Dimensiones de V-0003

12.4. Especificaciones operativas

Se tiene en cuenta mantener una velocidad relativa del fluido dentro del rango operativo de (1 m/s a 2 m/s)

Especificaciones operativas		
Cañería	3/4 Sch 40	
Material	Acero inoxidable	
Caudal	4,17E-04	m3/s
3/4 Sch 40		
Do	0,02667	m
Di	0,0209	m
Velocidad	1,215203705	m/s
ε	2,00E-03	mm
ε/Di	9,57E-05	

Tabla 12.4.1 Especificaciones operativas

12.5. Factor de fricción

Mediante el diagrama de Moody se halla el factor de fricción representado en el siguiente gráfico:

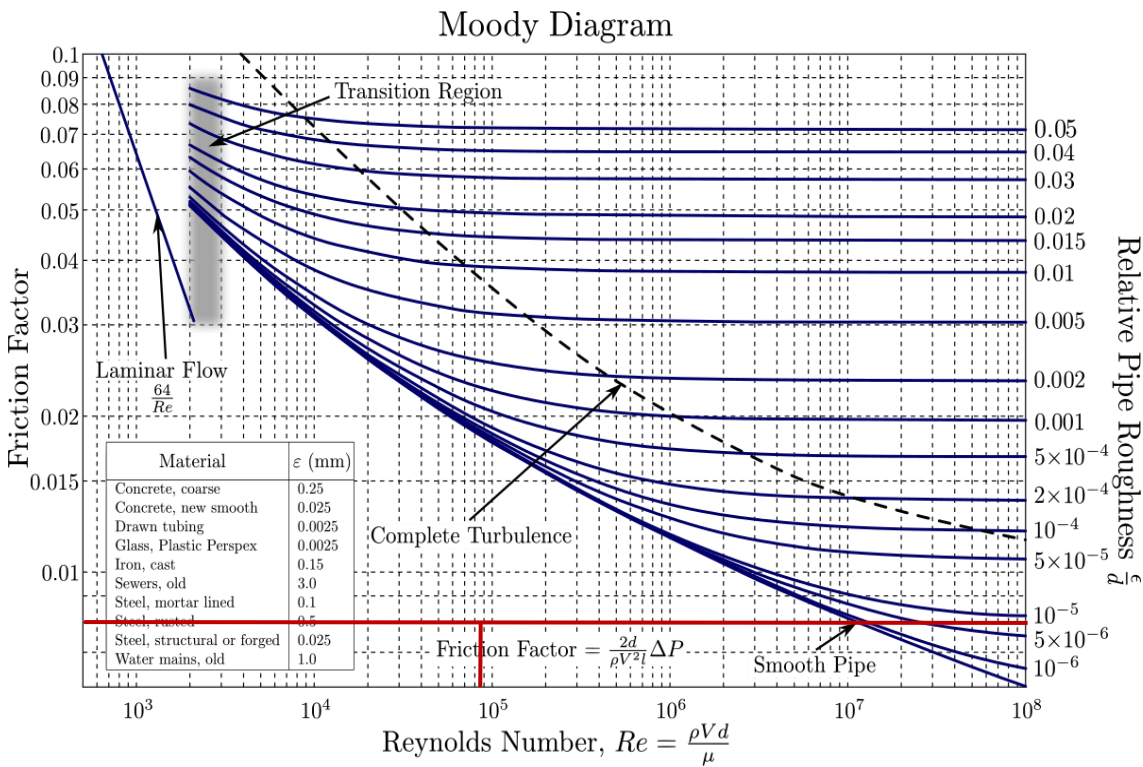


Gráfico 12.5.1. Diagrama de Moody

Donde:

Reynolds	7,51E+04
f (factor de fricción)	0,009

Tabla 12.5.1. Reynolds y factor de fricción obtenidos

12.6. Balances por tramos

Se divide al sistema en dos tramos, el primer tramo será hasta la boca de succión de la bomba y el segundo desde la boca de descarga hasta el segundo tanque.

12.6.1. Primer tramo

Primer tramo		
Longitud total	865,25	mm
	0,86525	m
KL Válvula MANUAL	0,2	
Σ KL Primer tramo	0,2	
hl1	2,28E-01	m

Tabla 12.6.12.1 Primer tramo

12.6.2. Segundo tramo

Segundo tramo		
Longitud total	26084,43	mm
	26,08443	m
Codos (6 unidades)	0,4	m
KL Válvula MANUAL	0,2	
KL Válvula retención	1,7	
Σ KL Segundo tramo	2,3	
hl2	3,15	m

Tabla 12.6.2.1. Segundo tramo

12.6.3. Resultados del balance

Σ hl	3,374363329	m
ΔH	5,914	m
W	0,018459391	Kw
	0,024754451	HP

Tabla 12.6.3.1. Resultados del balance de energía

Por lo tanto, el sistema no precisa de una gran bomba para poder trasvasar el producto final desde el tanque de producto de la torre hacia el tanque de almacenamiento.

12.7. ANPA disponible

Para evitar la cavitación, debemos asegurarnos de que la presión local en todas partes dentro de la bomba se mantiene por encima de la presión de vapor. Dado que la presión se mide (o estima) más fácilmente en la entrada de la bomba, los criterios de cavitación son típicamente especificado en la entrada de la bomba. Es útil emplear un parámetro de flujo denominada cabeza de succión neta positiva (ANPA), definida como la diferencia entre la cabeza de presión de estancamiento de entrada de la bomba y la cabeza de presión de vapor.

$$ANPA_{dis} = \frac{P_1 - P_{vap}}{\rho g} + z_1 - z_s - h_l - 0,5m \quad (\text{Ecuación 12.7.1.1})$$

ANPA _{disp}		
ρ	763,9268068	kg/m ³
P ₁	101325	KPa
P _{vap}	69,86	KPa
ANPA disp	12,1706983	m

Tabla 12.7.1. ANPA disponible

Por lo tanto, el ANPA disponible debe ser mayor o igual al ANPA instalado, es decir

$$ANPA_{disp} \geq ANPA_{instalado} \quad (\text{Ecuación 12.7.1.1})$$

12.8. Selección de bomba

12.8.1. TechniFlo PW -Trasvase ®

Bombas centrífugas no-metálicas compactas para trasvase de fluidos corrosivos. El diseño hermético de acople magnético de las bombas PW permite el movimiento seguro de fluidos corrosivos, cristalizantes y/o de alto costo. Construidas con cabezales de polipropileno o ETFE, proporcionan excelente resistencia química a fluidos como soda caustica, ácido sulfúrico, agua ácida etc. Se ensamblan en Argentina con motores estándar de acuerdo a norma requerida por el cliente. Por lo tanto, la misma se pedirá con un motor anti explosión, dado que este requerimiento está disponible por el fabricante en su catálogo.

Se elige la bomba más pequeña con un motor con una capacidad de 0,37 kW.

PW Series



Ilustración 12.8.1.1 Bomba PW Series

Performance Curve

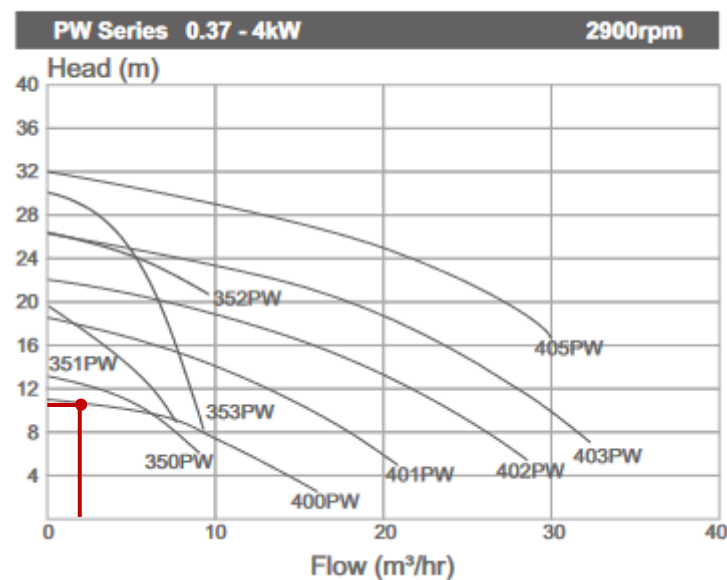


Gráfico 12.8.1.1 Curva operativa de la bomba PW

Como podemos observar para un caudal de aproximadamente 1,5 m³/h se necesita una altura de aproximadamente de 11 m por lo que se verifica que:

$$ANPA_{disp} \geq ANPA_{instalado}$$

$$12,17 \text{ m} \geq 11 \text{ m}$$

Por lo tanto, la bomba seleccionada será la PW 400PW series, de la marca techniflo

13. Servicios auxiliares

13.1. Compresores

La función de los compresores será la de suministrar aire comprimido a las válvulas instaladas, bombas e instrumentos.

Se estima un consumo promedio de 100 Nm³/h. Por lo que se instalarán 3 compresores de 100 Nm³/h para tener suficiente reserva y un caudal auxiliar de aire comprimido.

13.1.1. Compresores a tornillo

El compresor de tornillo es una máquina, que por medio de dos tornillos (hembra y macho) comprime el aire. Empezando con el motor que transmite energía mecánica a la caja o deposito del compresor a través de una polea. Al momento que los tornillos empiezan a girar, crean una succión por la toma de aire mientras va aumentando la presión del mismo a través de las cavidades.

El aire es succionado en el compresor por dos tornillos de bloqueo

El aire es enviado al tanque de almacenamiento

Se llena el interior del compresor creado por lóbulos (macho) y alvéolos (hembra).

Una vez almacenado genera calor

Se genera energía de flujo para aumentar la presión de fluidos como gases y vapores.

Finalmente, el aire o fluido aumenta su presión, densidad y temperatura de una forma considerable.

1. Fácil acceso para mantenimiento y limpieza
2. Reducción de ruido
3. Nivel de aceite mínimo comparado con otros compresores.
4. Ventilador independiente
5. Transmisión por correa poly-v
6. Refrigeración controlada por sonda
7. Pre-filtro
8. Cuadro eléctrico y placa electrónica para evitar acumulación de polvo.



Ilustración 13.1.1.1 Compresor a tornillo

13.2. Horno

Como ya fue mencionado anteriormente este servicio auxiliar es el encargado de mantener el calor dentro del reactor dada la condición de endotermia de la reacción.

13.2.1. Horno cilíndrico vertical

Es el tipo más difundido. Se usa para capacidades de hasta aproximadamente 40MMKcal/h. La sección radiante es una cámara cilíndrica y los tubos en esta sección están dispuesto verticalmente en un círculo alrededor de los quemadores. Los quemadores están ubicados en el piso, de modo que la llama se ubica paralela a los tubos. El piso del horno debe estar elevado respecto al terreno por lo menos dos metros para permitir el mantenimiento y acceso a los quemadores desde abajo.

Uno de los parámetros más importantes en el diseño de un horno es la densidad de calor (W/m^2) que reciben los tubos en la cámara de radiación.

La norma API 560 fija valores máximos a la relación entre el largo de los tubos y las otras dimensiones de la cámara radiante, ya que si los tubos son muy largos será difícil mantener una distribución de calor uniforme y la zona que se encuentre más próxima a los quemadores sufrirá mayor desgaste.

En el caso de los hornos cilindros verticales, la máxima relación L/D permitida es 2,75. Los diámetros usuales en refinería son del orden de 4m.

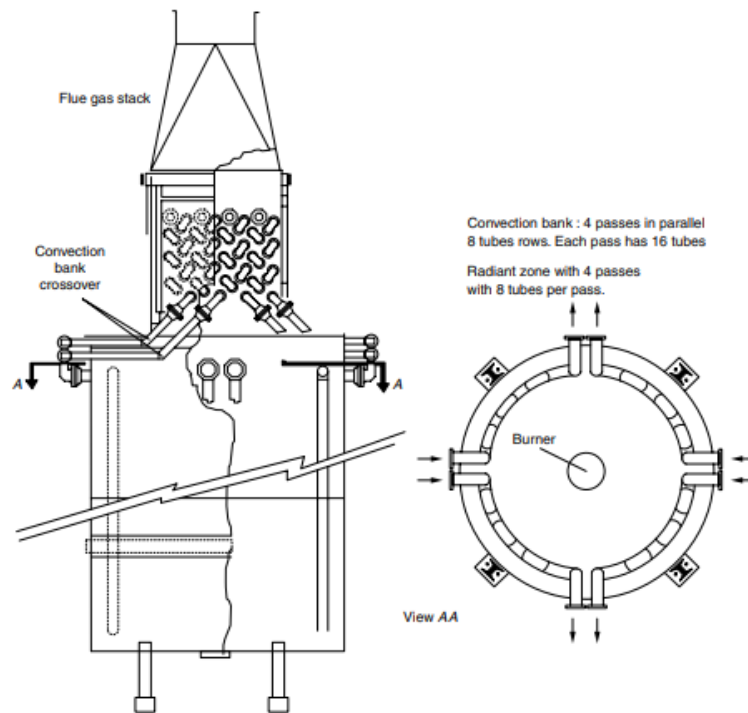


Ilustración 13.2.1.1 Horno cilíndrico vertical

13.3. Evaporador Kettle-Reboiler E-1101

El siguiente servicio se utilizará para evaporar la mezcla que ingresa al reactor R-1101 y generará una potencia total de



Ilustración 13.3.1.1 Evaporador Kette-Reboiler

13.4. Intercambiador de calor E-1102

El siguiente intercambiador será de tubos y en el que se calentará la mezcla previamente evaporada en el equipo E-1101. Generando una potencia de



Ilustración 13.4.1.1. Intercambiador de calor

13.5. Condensador E-1103

El condensador E-1103 parcial, será el encargado de enfriar y condensar la mezcla que abandona el reactor R-1101. Con un consumo de energía de 547,7 kW y teniendo como fluido refrigerante agua.

13.6. Condensador E-1105

El siguiente condensador parcial es el encargado de condensar la mezcla que asciende por el tope de la columna T-1102. Teniendo como fluido refrigerante agua.

13.7. Condensador E-1106

El siguiente condensador total es el encargado de condensar la mezcla que asciende por el tope de la columna T-1103 y que da como resultado nuestro producto final, Acetona teniendo como fluido refrigerante agua.

13.8. Evaporador Kettle-Reboiler E-1107

Este evaporador es el encargado de hervir la mezcla entrante a la torre T-1102. El mismo utiliza como medio calefactor vapor de baja presión.

13.9. Evaporador Kettle-Reboiler E-1108

Este evaporador es el encargado de hervir la mezcla entrante de la torre T-1103. El mismo utiliza como fluido calefactor Vapor de baja presión

13.10. Torre de enfriamiento

Dado que se tienen en cuenta 4 dispositivos que requieren de agua de refrigeración se decide instalar una torre de enfriamiento capaz de proveer a los mismos de agua.

Se instalará dos torres de enfriamiento, teniendo una como reserva para suministrar caudal a dichos equipos. El caudal total de agua a enfriar será de 266372,3 kg/h. Y la salida de la misma debe ser de 30°C.

Las torres de tiro mecánico pueden ser del tipo de tiro forzado, en donde el aire se empuja en la torre mediante un ventilador en el fondo. Estas torres están sujetas particularmente a la recirculación del aire caliente y húmedo que es descargado, dentro de la toma del ventilador, debido a la baja velocidad de descarga y que materialmente reduce la efectividad de la torre. El tiro inducido, con el ventilador en la parte superior, evita esto y además permite una distribución interna más uniforme del aire.

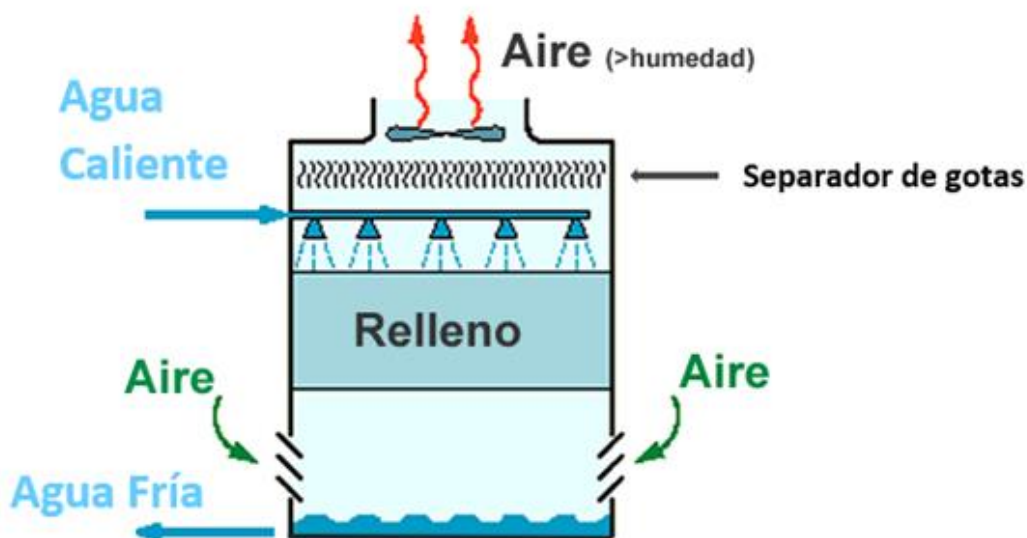


Ilustración 13.10.1. Torre de enfriamiento

13.11. Sistema de generación eléctrica

Si bien se utilizará la energía suministrada por el parque industrial, se tendrán instalados en la planta 3 generadores de reserva por cualquier inconveniente ante cualquier tipo de falla en la red de energía del parque. Cabe destacar que se tendrán unidades de almacenamiento de Gas-Oil en planta para suministrar a dichos equipos.



Ilustración 13.11.1. Generador eléctrico auxiliar

14. Puesta en marcha

1. Verificación de los servicios auxiliares
2. Verificación de todos los equipos operativo
3. Verificación de los sistemas de seguridad

14.1. Inspección

- Se prevé una inspección visual previa de todos los equipos, tanques, bombas y servicios auxiliares
- Verificación y comprobación del correcto funcionamiento del sistema eléctrico
- Verificación y comprobación de las lógicas instaladas contra incendio
- Comprobación de que no haya fugas
- Comprobación y verificación visual de que todas las líneas se encuentran correctamente instaladas y selladas
- Comprobación y verificación visual de que todos los sistemas de iluminación funcionan
- Comprobación y verificación de que todos los puntos de encuentro estén correctamente señalizados
- Comprobación y verificación de las lógicas de control del proceso
- Comprobación y verificación visual de que los elementos de seguridad ubicados estratégicamente en la planta estén en su lugar
- Verificar que todos los equipos con riesgo térmico se encuentren aislados
- Verificar correcto estado del terreno para el tránsito

14.2. Pruebas hidráulicas y de presión

- Se realizarán pruebas de presión e hidráulicas a cada línea del proceso productivo.
- Se realizarán pruebas de estanqueidad en tanques, reactores, líneas, bombas y sistemas auxiliares, para comprobar que se encuentren dentro de los límites de fuga.
- Se realizarán pruebas de bombeo en las líneas.
- Se comprobarán la falta de taponamiento en las líneas.

14.3. Proceso de puesta en marcha

14.3.1. Puesta en marcha de servicios auxiliares

- 7.3.1.1. Servicio eléctrico
- 7.3.1.2. Servicio de gas
- 7.3.1.3. Sistema de fluidos contra incendio, alarmas, sensores
- 7.3.1.4. Compresores de aire
- 7.3.1.5. Horno
- 7.3.1.6. Intercambiadores de calor

14.3.2. Puesta en marcha de torre de absorción

Se comienza el proceso llenando la torre de absorción T-1101 teniendo en cuenta que debe proporcionarnos un sello hidráulico para mantener la presión del reactor. En esta primera etapa la misma operara en circuito abierto. Cabe destacar que el objetivo de esta primera etapa es mantener la válvula V-112 completamente cerrada, hasta que se pongan en marcha las columnas de destilación.

14.3.3. Puesta en marcha de los tanques de materia prima

Una vez que la torre consiga la altura requerida se comenzará la recepción de nuestra materia prima, poniendo en marcha la bomba P-1101.

14.3.3.1. Tanque V-001

Se procede a comenzar el llenado y la recepción de Alcohol Isopropílico al tanque. Abriendo la válvula V-001 al 100%

14.3.3.2. Tanque V-002

Se procede a comenzar el llenado y la recepción de Agua al tanque. Abriendo la válvula V-002 al 100%.

14.3.3.3. Tanque V-1101

El mismo comenzará a recepcionar la mezcla Alcohol Isopropílico-Agua. Aperturando la válvula V-100 al 100%.

14.3.3.4. Tanque V-1102

La mezcla pasará por el tanque de recirculación, teniendo en cuenta que aún estamos operando en circuito abierto. Por lo tanto, no estará habilitada la recirculación hasta obtener nuestras especificaciones de producto.

14.3.3.5. Bomba P-1102

Se pone en marcha la bomba P-1102, la misma elevará la mezcla a una presión de 2 atm. Se apertura la válvula V-101 al 100%

14.3.4. Puesta en marcha del sector productivo

14.3.4.1. Evaporador Kettle-Reboiler E-1101

Teniendo en cuenta que nuestro evaporador fue puesto en marcha como servicio auxiliar. La mezcla comenzará a recorrer el mismo.

14.3.4.2. Intercambiador de calor E-1102

Nuestro intercambiador comenzará a recibir la mezcla evaporada calentándola hasta las especificaciones de proceso. El mismo toma calor del horno, el cual ya ha sido puesto en marcha como sistema auxiliar. Teniendo la válvula V-103 abierta al 100% y teniendo en funcionamiento la bomba P-1103

14.3.4.3. Puesta en marcha del reactor

Dado que el horno ya fue puesto en marcha como servicio auxiliar, la sal fundida ya estará recorriendo el interior del reactor, cabe destacar que tanto el Tanque V-1108 y la bomba P-1113 fueron puestos en marcha, estando la válvula V-128 abierta al 100%. Teniendo en cuenta que fueron puestas previamente en marcha la bomba P-1104. La mezcla evaporada y previamente calentada ingresará al reactor a la presión deseada. En esta etapa habrá un monitoreo constante de la conversión de nuestro producto. Se recirculará el mismo hasta conseguir la conversión deseada

14.3.4.4. Condensador E-1103

Tal como se mencionó anteriormente el condensador como servicio auxiliar ya fue puesto en marcha, en este caso ya teniendo el fluido refrigerante, en este caso agua, recorriendo la carcasa.

14.3.4.5. Tanque separador de fases

Se pondrá en marcha la bomba P-1105 y se abrirán al 100% las válvulas V-111 y V-109 de esta manera se dará ingreso a la mezcla parcialmente condensada al tanque V-1103. Ya puesto en marcha el tanque V-1103 y dando paso a la mezcla gaseosa a la torre de absorción T-1101 se abrirá al 100% la válvula V-110 y V-116 siendo esta la primera

línea que empezará a almacenar nuestro producto secundario, Hidrógeno (fuera de especificación) en el tanque V-1109

14.3.4.6. Tanque pulmón V-1104

Se pondrán en marcha la bomba P-1106 y la bomba P-1107 se abrirán las válvulas V-114 y V-1114 al 100%.

14.3.4.7. Torre de destilación T-1102

Teniendo ya activo al rehervidor Kettle-Reboiler E-1107 la mezcla comenzará a ingresar a la torre y será evaporada. A su vez, será puesto en marcha el condensador parcial E-1105 asegurando el paso del fluido refrigerante, en este caso agua, por el mismo. La mezcla será ingresada al tanque V-1105 y se forzará la apertura de la válvula V-116 al 100%. La bomba P-1108 será puesta en marcha y se forzarán las válvulas V-117 y V-118 al 100%. Luego, en circuito cerrado las mismas se regularán para asegurar la correcta relación de reciclo previamente calculada. De esta manera se unirá la corriente de purga de hidrógeno de V-1105 con la corriente de hidrógeno que previamente sale de la torre de absorción T-1101. Se pondrá en funcionamiento la bomba P-1110 y se abrirá al 100% la válvula V-126. El agua remanente del proceso, será almacenada en el tanque V-1111. Se debe mencionar que en el medio de ambas torres se ubicará un tanque pulmón. Puesto que de haber un inconveniente en alguna de ambas torres a la hora de poner en marcha el sistema o cuando el sistema está en proceso continuo, este tanque servirá de reservorio.

14.3.4.8. Puesta en marcha de intercambiador E-1109

Se pondrá en marcha el intercambiador E-1109 teniendo la válvula V-125 abierta al 100% para dejar libre el paso del agente refrigerante en este caso agua a nuestro condensador. Se pondrá en marcha la bomba P-1112 y el agua de fondo ingresará a nuestro tanque pulmón V-1107, teniendo en cuenta que la válvula V-127 estará abierta al 100% dando, así como resultado la posibilidad de recircular el agua a nuestro absorbedor.

14.3.4.9. Torre de destilación T-1103

La mezcla ingresará a la segunda torre de destilación, previamente nuestro rehervidor Kettle-Reboiler E-1108 será puesto en marcha, dando lugar a la evaporación parcial de nuestra mezcla. Se pondrá en marcha nuestro condensador E-1106 asegurando la circulación de agua por carcasa teniendo la válvula V-120 100% abierta. Se pondrá en marcha la bomba P-1109 y el fluido ingresará al tanque de condensado V-1106. La válvula V-121 y V-122 y V-119 estarán 100% abiertas, por lo tanto, nuestro producto fuera de especificación comenzará a ser almacenado en el tanque de almacenamiento V-1110. Luego cuando el circuito se cierre las mismas serán calibradas para que operen en la relación de reciclo previamente calculada. Se pondrá en marcha la bomba P-1111 y se abrirá la válvula V-124 al 100% dando como resultado la recirculación de la mezcla azeotrópica al circuito.

15. Estudio Ambiental

15.1. Nivel de complejidad Ambiental

El Nivel de Complejidad Ambiental (NCA) es el grado de potencialidad de producir un daño ambiental propio de una actividad o establecimiento determinado. El NCA de una actividad o establecimiento se obtiene mediante un cálculo en base a una fórmula polinómica, que se encuentra desarrollado en la [Resolución MArDS N° 1639/2007](#).

- Primera categoría: hasta 14,0 puntos inclusive
 - Segunda categoría: de 14,5 a 25 puntos inclusive
 - Tercera categoría: mayor de 25 puntos.
- a) Rubro (Ru). De acuerdo con la clasificación internacional de actividades (CIIU Revisión 3, apertura a 6 dígitos) y según se establece en el ANEXO I, se dividen en tres grupos con la siguiente escala de valores:
- ✓ Grupo 1 = valor 1
 - ✓ Grupo 2 = valor 5
 - ✓ Grupo 3 = valor 10
- b) Efluentes y Residuos (ER). La calidad (y en algún caso cantidad) de los efluentes y residuos que genere el establecimiento se clasifican como de tipo 0, 1, 2, 3 ó 4 según el siguiente detalle:
- c) Riesgo (Ri). Se tendrán en cuenta los riesgos específicos de la actividad, que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante, asignando 1 punto por cada uno, a saber:
- ✓ Riesgo por aparatos sometidos a presión;
 - ✓ Riesgo acústico;
 - ✓ Riesgo por sustancias químicas;

- ✓ Riesgo de explosión;
 - ✓ Riesgo de incendio.
- d) Dimensionamiento (Di). La dimensión del establecimiento tendrá en cuenta la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie:
- ✓ Cantidad de personal: hasta 15 personas = valor 0; entre 16 y 50 personas = valor 1; entre 51 y 150 personas = valor 2; entre 151 y 500 personas = valor 3; más de 500 personas = valor 4.
 - ✓ Potencia instalada (en HP): Hasta 25: adopta el valor 0; De 26 a 100: adopta el valor 1; De 101 a 500: adopta el valor 2; Mayor de 500: adopta el valor 3.
 - ✓ Relación entre Superficie cubierta y Superficie total: Hasta 0,2: adopta el valor 0; De 0,21 hasta 0,5 adopta el valor 1; De 0,51 a 0,81 adopta el valor 2; De 0,81 a 1,0 adopta el valor 3.
- e) Localización (Lo). La localización del establecimiento, tendrá en cuenta la zonificación municipal y la infraestructura de servicios que posee.
- ✓ Zona: Parque industrial = valor 0; Industrial Exclusiva y Rural = valor 1; el resto de las zonas = valor 2.
 - ✓ Infraestructura de servicios: Agua, Cloaca, Luz, Gas. Por la carencia de cada uno de ellos se asigna 0,5.

15.2. Resultados del estudio de complejidad ambiental.

1. Rubro:

Fabricación de materias químicas orgánicas básicas (Incluye la fabricación de alcoholes excepto el etílico, sustancias químicas para la elaboración de sustancias plásticas, etc)

Esto arroja un total de 10 puntos, y una clasificación de tipo 3

2. Efluentes y Residuos:

Líquidos: con residuos peligrosos, o que pudiesen generar residuos peligrosos. Que posean o deban poseer más de un tratamiento, y/o.

Esto arroja un total de 4 puntos, y una clasificación de tipo 3

3. Riesgo:

- ✓ Riesgo por aparatos sometidos a presión
- ✓ Riesgo acústico
- ✓ Riesgo por sustancias químicas
- ✓ Riesgo de explosión
- ✓ Riesgo de incendio

Esto arroja un total de 5 puntos, dado que cada uno aporta un punto

4. Dimensionamiento:

- ✓ Cantidad de personal
- ✓ Potencia Instalada
- ✓ Relación entre superficie cubierta y superficie total

La cantidad de personal será de entre 151 y 500 personas, por lo tanto, tendrá un puntaje de de 3 puntos.

Por otro lado, la potencia instalada será mayor a 500 HP, lo que da un resultado de 3 puntos. Y, por último, la relación entre superficie cubierta y superficie total será de 0,81

a 1,0, dando un resultado de 3 puntos. Por lo tanto, el resultado final será de 9 puntos para el dimensionamiento.

5. Localización:

✓ Zona: Parque Industrial

Dado que se instalará en un parque industrial, esto da un puntaje de cero puntos.

La ecuación para obtener el NCA (inicial) será:

$$NCA(inicial) = Ru + ER + Ri + Di + Lo \quad (\text{Ecuación 15.2.1})$$

Por lo tanto, el NCA (inicial) resulta ser de 28

Para obtener el NCA (final) se deben realizar dos ajustes:

AjSP: Ajuste por manejo de sustancias particularmente riesgosas en determinadas cantidades. Esto nos da un puntaje de dos.

AjSGA: Ajuste por demostración de un sistema de gestión ambiental establecido. Aplicable a aquellas organizaciones que cuenten con una certificación vigente de sistema de gestión ambiental, otorgada por un organismo independiente debidamente acreditado y autorizado para ello. Estos nos dejan un puntaje de 4.

Y la ecuación para el NCA (final) será:

$$NCA = NCA(inicial) + AjSP - AjSGA \quad (\text{Ecuación 15.2.2})$$

Esto resulta, un NCA (final) de 26. Por lo tanto, nos deja un nivel de complejidad de tercera categoría.

16. Medio ambiente

16.1. Descripción del proyecto

Se trata de una planta de producción de 10.000 ton/año de Acetona por medio de la deshidrogenación de Alcohol Isopropílico. La misma cuenta con una etapa de reacción y tres secciones de recuperación. Se aclara que se obtiene como subproducto hidrógeno. La planta contará con:

1. Tanques de almacenamiento
2. Reactor
3. Dos columnas de destilación y una columna de absorción
4. Tuberías
5. Intercambiadores
6. Lógicas de control

La idea principal del proyecto es recuperar en mayor parte todo el desperdicio generado por el proceso, generando el menor impacto ambiental.

16.2. Residuos especiales

16.2.1. Ley 11.720

El artículo 3 define de la de siguiente forma al residuo:

ARTICULO 3°: Se entiende por residuo a cualquier sustancia u objeto, gaseoso (siempre que se encuentre contenido en recipientes), sólido, semisólido o líquido del cual su poseedor, productor o generador se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo. Por lo que serán residuos especiales los que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en el anexo 1, a menos que no tenga ninguna de las características descriptas en el anexo 2; y todo aquel residuo que posea sustancias o materias que figuran en el anexo 1 en cantidades, concentraciones a determinar por la Autoridad de Aplicación, o de naturaleza tal que directa o indirectamente representen un riesgo para la salud o el medio ambiente en general.

16.2.2. Características del depósito de residuos

Las características del depósito de residuos especiales estarán específicamente regidas por la Ley 11.720 y contendrá todo lo expuesto por los siguientes artículos:

ARTÍCULO 1.- Todo establecimiento que almacene, en sus propias instalaciones residuos especiales generados por la actividad de dicho establecimiento, deberá cumplir con los requisitos técnicos que se desagregan en los artículos subsiguientes.

ARTÍCULO 2.- El sector destinado al almacenamiento de los residuos especiales deberá reunir además de las condiciones establecidas en el Anexo VI del Decreto 806/97, las siguientes:

- a) Deberá estar suficientemente separado de líneas municipales o ejes divisorios de predios en razón del riesgo que presenten.

- b) Deberá hallarse separado de otras áreas de usos diferentes, con distancias adecuadas según el riesgo que presenten.
- c) Deberá contar con piso o pavimento impermeable.
- d) Deberá contar con un sistema de recolección y concentración de posibles derrames, que no permita vinculación alguna con desagües pluviales o cloacales.
- e) Deberá contar con todos los sistemas necesarios para la protección contra incendios.
- f) Deberá presentar en forma visible un croquis con la siguiente información: Ubicación de los residuos, identificación del envase que los contiene, tipo de residuos con denominación y capacidad máxima de almacenamiento de cada residuo e identificación de riesgo de acuerdo a lo establecido en la Resolución 195/97 de la Secretaría de Transporte de la Nación.

ARTÍCULO 3.- El almacenamiento de los residuos especiales deberá reunir además de las condiciones establecidas en el Anexo VI del Decreto 806/97, las siguientes:

- a) Deberá realizarse en áreas cubiertas ó semicubiertas separadas de zonas destinadas a otros usos por cualquier medio físico.
- b) Deberán disponerse agrupados según su tipo y con un ordenamiento que permita su sencilla contabilización, dejando a su vez pasajes de 1 m. de ancho mínimo, para acceder a verificar su estado.
- c) Podrán almacenarse en estibas según el criterio que adopte el profesional responsable que avala el libro de Operaciones mencionado en el artículo 5º de la presente, debiendo tener en cuenta para ello, el tipo y estado de recipiente, su contenido y el riesgo.
- d) Deberán utilizarse recipientes uniformes, numerados, rotulados con su contenido genérico, su constituyente especial, fecha de ingreso al área de depósito, y su identificación en función del riesgo que presenten. Los rótulos empleados deberán ser inalterables por acción del agua, sol, o por el propio producto almacenado.
- e) Deberá preverse el distanciamiento necesario para todo aquel residuo incompatible entre sí, en función de los riesgos ambientales que su mezcla pueda provocar, o disponer de medios de separación efectivos que los eliminen, y se mantendrán a resguardo de la posible acción de terceros.
- f) Deberán utilizarse recipientes adecuados a las sustancias contenidas en ellos, de modo tal que garanticen su integridad y en su caso hermeticidad.

ARTÍCULO 4.- El "Registro de Operaciones de Generadores de Residuos" deberá ser llevado de la siguiente forma: Contendrá 2 partes, la primera parte consistirá de hojas móviles y deberá tener distribuida la información del modo indicado en la planilla que forma parte integrante de la presente y se identifica como Anexo I (Registro de Operaciones de Residuos Especiales) y Anexo II ("Formulario Único de Renovación - Resumen de Operaciones de Residuos Especiales"). En las planillas denominadas "Registro de Operaciones" se asentarán todos los movimientos de los residuos desde su generación hasta su disposición final y en la planilla denominada "Formulario Único de Renovación - Resumen de Operaciones" se registrarán los datos una vez cumplidos

el año calendario. La segunda parte consistirá en un libro foliado de hojas fijas, donde se registrarán en forma cronológica las contingencias y monitoreos que se realicen, debiendo adjuntar los protocolos originales, como así también todo cambio y medidas que hubiesen sido tomadas en las líneas de tratamiento y procesos que generen residuos especiales.

ARTÍCULO 5.- El libro de operaciones debe ser llevado en forma actualizada y rubricado por el profesional responsable conforme Anexo II del Decreto 806/97 de la Ley 11720 y a disposición de la autoridad competente en el establecimiento generador.

16.2.3. Residuos generados

En el siguiente proyecto se presentan distintos tipos de residuos, los mismos pueden ser generados por el proceso o bien por distintos sectores o puntos de la planta. Por lo tanto, tendremos presencia de residuos sólidos líquidos y gaseosos.[21]

16.2.3.1. Tipo de residuos generados

16.2.3.1.1. Efluentes líquidos

En el proceso los efluentes que se generarán serán:

1. Residuos de aceites utilizados en cada dispositivo de la planta por mantenimiento.
2. Residuos de productos químicos utilizados en el laboratorio.
3. Purgas generadas en el proceso.
4. Agua con trazas de acetona y alcohol isopropílico.
5. Condensado de vapores utilizados en el calentamiento de los dispositivos.

16.2.3.1.2. Efluentes generados por actividades en planta

1. Residuos urbanos: Se entiende por esto a los alimentos utilizados en la planta, residuos como botellas de plástico, papeles, etc.
2. Pallets inutilizables utilizados para el movimiento o almacenamiento de productos
3. Aguas residuales: Se entiende por esto, a los residuos sanitarios, comedores, oficinas administrativas, etc.

16.2.3.1.3. Horno

Dado que en el horno se genera una combustión el mismo emite gases contaminantes. Estas emisiones serán tratadas mediante un precipitador electrostático.

16.2.3.1.3.1. Precipitadores electrostáticos

Los precipitadores electrostáticos se usan mucho en las centrales eléctricas, principalmente porque se puede disponer de ellos con facilidad. La materia del particulado se elimina al cargarse con electrodos que saltan de un electrodo de alto voltaje a otro y luego pasan al electrodo recolector cargado positivamente. Consiste en un tubo con un alambre que cuelga en medio. Las partículas se recolectan en el tubo y deben eliminarse golpeando el tubo con un martillo. Los precipitadores electrostáticos no cuentan con partes móviles, para funcionar sólo necesitan electricidad y son muy eficaces para eliminar las partículas submicrónicas.

Las eficiencias de los dispositivos de control distintos obviamente varían mucho, dependiendo del tamaño de las partículas de los contaminantes en función del tamaño de la partícula.

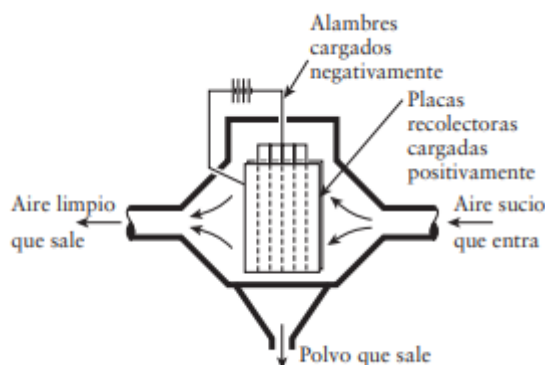


Ilustración 16.2.3.1.3.1. Precipitador electrostático

16.2.4. Tratamiento de aguas residuales

La clave del sistema de lodos activados es la reutilización de los microorganismos. Consiste en un tanque lleno de líquido residual (del clarificador primario) y una masa de microorganismos. En este tanque (llamado de aireación) se inyectan burbujas de aire a fin de proporcionar el oxígeno necesario para la supervivencia de los organismos aeróbicos. Los microorganismos entran en contacto con los materiales orgánicos disueltos y rápidamente los absorben en su superficie; con el tiempo utilizan la energía y el carbono al descomponer este material en dióxido de carbono y agua y algunos compuestos estables y, en el proceso, producen más microorganismos. La producción de nuevos organismos es relativamente lenta y buena parte del volumen del tanque de aireación se usa para este fin.

Una vez que la mayor parte del alimento se ha consumido, los microorganismos se separan del líquido en un tanque de sedimentación denominado clarificador secundario o final. El líquido escapa sobre un vertedero con muesca en V.

En el fondo del clarificador final existen microorganismos separados sin alimento adicional que están hambrientos y a la espera de mas materia orgánica disuelta. Se dice que estos microorganismos están activados, de ahí el término lodos activados.

16.2.5. Métodos primarios

Para el tratamiento de efluentes generados en el laboratorio se optará por la neutralización, los cuales son denominados métodos primarios.

Los tratamientos primarios pueden ser utilizados para la neutralización del efluente (control de pH), la eliminación de sólidos y flotantes.

Existen dos tipos de tratamientos primarios. Aquellos que aprovechan las propiedades físicas de los componentes que se desean separar, y aquellos que aprovechan las propiedades químicas.

16.2.5.1. Métodos Físicos

- Sedimentación Primaria
- Separadoras de Aceites y Grasas
- Sistemas de Flotación
- Métodos Químicos
- Neutralización

- Precipitación Química (Coagulación, Floculación)

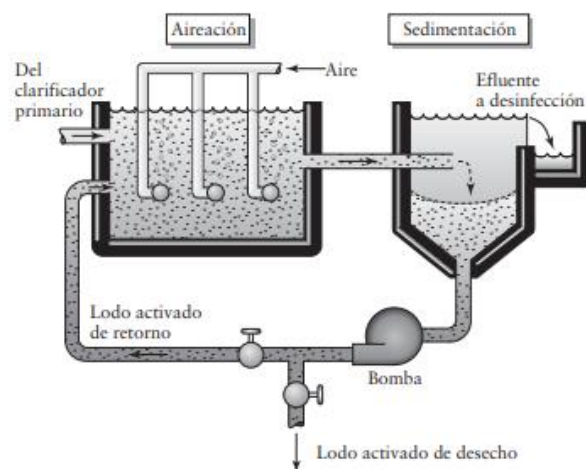


Ilustración 16.2.5.1.1 Lodos activados

17. Salud y seguridad

17.1. Consideraciones de seguridad previo al inicio de actividades de la planta (Edificación)

17.2. Riesgos asociados a la seguridad de la obra en proceso

Un gran número de los accidentes en la construcción se deben a este tipo de riesgos laborales y son debidos a:

17.2.1. Caídas al mismo nivel.

Pueden ocurrir por tropiezos involuntarios, resbalones, etc.

17.2.1.1. Mitigación de caídas al mismo nivel

Adoptar un sistema de gestión, como por ejemplo TPM. Tener un pilar de seguridad y entorno. De esta manera se podrá mantener un orden y limpieza en

17.2.2. Golpes y cortes.

Se pueden producir de manera involuntaria, entre trabajadores por descuido o por falta de visión.

17.2.2.1. Mitigación de golpes y cortes

Utilizar los equipos de protección personal autorizados por la empresa

17.2.3. Caídas a distinto nivel al realizar trabajos

Desde andamios, plataformas elevadoras, zanjas

17.2.3.1. Mitigación de caídas a distinto nivel al realizar trabajos

Utilizar Elementos de protección personal (EPP) autorizados por las empresas. Uso obligatorio de arnés en trabajos en altura

17.2.4. Caída de objetos

Por desplome debida a la inestabilidad de estructuras o caídas.

17.2.4.1. Mitigación de caída de objetos por desplome

Cada instalación debe cumplir con los documentos y reglamentaciones, por lo que debe haber un grupo de seguridad e higiene que apruebe cada construcción.

17.2.5. Atrapamiento por o entre objetos

Durante el uso de herramientas, equipos o aprovisionamiento por el material de la obra.

17.2.5.1. Mitigación por o entre objetos durante el uso de herramientas

Asegurar el correcto orden y limpieza en la construcción. Adoptando metodologías del tipo 5S

17.2.6. Pisadas sobre objetos por un terreno irregular.

Tropezón involuntario por mal estado del terreno

17.2.6.1. Mitigación de pisadas sobre objetos por un terreno irregular

Utilizar calzado apto para recorrer terrenos irregulares. Continuo control del terreno por donde se camina

17.2.7. Choques contra objetos móviles

Durante el transporte de materiales en grúas o descarga de hormigón mediante bomba.

17.2.7.1. Mitigación por choques contra objetos móviles

Cada movimiento que se realice, debe ser regulado por el grupo de seguridad e higiene. Deben estar bien señalizados todos los caminos y se deben respetar las normas del tránsito dentro de la obra

17.3. Proyección de partículas

En el uso de herramientas tipo radial, sierra circular o durante las operaciones de corte y soldadura.

17.3.1.1. Mitigación de proyección de partículas en el uso de herramientas de tipo radial, sierra circular

Correcto uso de lentes de seguridad, que estén aprobados por la empresa

17.4. Atropellos por circulación de vehículos.

17.4.1. Mitigación de atropellos por circulación de vehículos

Mantener una buena señalización. Dar charlas de inducción acerca del correcto movimiento dentro de la obra de construcción.

17.5. Riesgo de incendio y explosión

Por explosión de productos combustibles

17.5.1.1. Mitigación de riesgo de incendio y explosión

Tener una gestión de indicación de elementos combustibles. Mantener una organización de productos químicos.

17.6. Riesgo eléctrico directo o indirecto

Por cables en mal estado como indirecto por un mal aislamiento o mantenimiento del equipo.

17.6.1.1. Mitigación de riesgo eléctrico

Continua verificación y control de calidad de instalaciones eléctricas

17.7. Riesgos químicos en la construcción

En las obras se utilizan gran cantidad de productos químicos, de los que no se valora o conoce su peligrosidad, con lo que difícilmente se adoptarán medidas preventivas para paliar los posibles efectos adversos y evitar, así, accidentes en construcción.

17.8. Riesgos biológicos en la construcción

Podemos definirlos como aquellos elementos a los que potencialmente se exponen los trabajadores en las obras de construcción, tales como bacterias, protozoarios, virus, insectos, arañas, plantas, reptiles y aves.

Al realizarse la gran mayoría en entornos exteriores, los riesgos biológicos suponen un foco importante de riesgo laboral.

17.9. Riesgos psicosociales en la construcción

Los factores de riesgo psicosocial suelen ser los grandes olvidados en muchas empresas y en el sector de la construcción no iba a ser menos. Afortunadamente, cada vez son más las empresas que apuestan por implementar medidas preventivas, ya que suelen ser una de las múltiples causas de un accidente laboral.

El hecho de que las jornadas sean largas, los trabajos complejos, la atención constante en determinados momentos de la ejecución de la obra o la presión por los plazos de entrega son factores determinantes para este tipo de riesgos laborales en la construcción.

17.10. Ley 19587

La Ley 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, y sus decretos Reglamentarios 351/79 y 1338/96 determinan las condiciones de seguridad que debe cumplir cualquier actividad industrial en todo el territorio de la República Argentina.

El Decreto 911/96 reglamenta la ley 19587 específicamente en las actividades de la industria de la construcción.

Comprende las normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier otra índole que tengan por objeto:

- a) proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores;
- b) prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo
- c) estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.

17.11. Decreto 351/79

17.11.1. Características constructivas

Establece las características que debe reunir todo establecimiento con el fin de contar con un adecuado funcionamiento en la distribución y características de sus locales de trabajo previniendo condiciones de higiene y seguridad.

Los establecimientos deben construirse con materiales de adecuadas características para la función a cumplir.

Todo lugar de trabajo debe contar con servicios sanitarios adecuados e independientes para cada sexo. En líneas generales los locales sanitarios deben contar básicamente con:

Piletas y duchas dotada de agua caliente y fría.

Retrete individual con puerta que asegure el cierre del baño en no menos de los 3/4 de su altura (2.10 m). Construido en mampostería, techado, con solado impermeable, paramentos revestidos con material resistente, dotado de un inodoro.

Mingitorios.

Vestuarios: cuando se cuente con más de 10 obreros.

Ubicarse en lo posible junto a los servicios sanitarios, en forma tal que constituyan con éstos un conjunto integrado funcionalmente.

Estar equipado con armarios individuales, los cuales deben ser de material resistente e incombustible. Debe permitir su fácil limpieza.

Cuando existe un local de cocina y/o comedor, en el caso que el personal no se retire del trabajo para comer se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Buenas condiciones de higiene y seguridad
2. Poseer pisos, paredes y techos lisos de fácil limpieza.
3. Contar con iluminación, ventilación y temperatura
4. adecuada.
5. Estar ubicados lo más aislados posible del sector de
6. Producción

17.11.2. Provisión de agua potable

Todo establecimiento debe contar con provisión y reserva de agua para uso humano y eliminar toda posible fuente de contaminación y polución de las aguas que se utilicen y mantener los niveles de calidad establecidos por la legislación vigente.

Por tal motivo se deben realizar análisis al agua de consumo sea obtenida dentro de su planta o traídas de otros lugares.

Análisis físico químico una vez por año.

Análisis bacteriológico dos veces por año.

Se entiende por agua para uso humano la que se utiliza para beber, higienizarse o preparar alimentos.

17.11.3. Control de Carga Térmica

Es la suma de la carga térmica ambiental y el calor generado en los procesos metabólicos.

Objetivo: determinar la exposición del trabajador a calor excesivo en puestos de trabajo conflictivos.

La medición consiste en determinar el TGBH (Índice de Temperatura Globo Bulbo Termómetro).

En el caso de superar las temperaturas máximas según el tipo y régimen de trabajo se deben implementar las medidas correctivas correspondientes tales como:

Rotación del personal Entrega de ropa y equipos de protección personal especiales.

Colocación de barreras protectoras que impidan la exposición a radiaciones.

17.11.4. Contaminantes químicos en ambiente de trabajo

17.11.4.1. Contaminante químico

es toda sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, transporte, almacenamiento o uso puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvo, humo, gas o vapor con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos pudiendo lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ella.

La resolución N.º 295/03 establece las concentraciones máximas permisibles de cada uno de los contaminantes.

17.11.4.2. Muestreo de aire

Verificar el cumplimiento de la ley.

Seleccionar el equipo de protección adecuado

Evaluar la efectividad de los controles.

17.11.5. Control de radiaciones

Energía liberada que puede ser de diversos orígenes. La radiación es el desplazamiento rápido de partículas y ese desplazamiento puede estar originado por diversas causas.

17.11.5.1. Radiaciones no ionizantes

Son aquellas en las que no intervienen iones. Un ion se define como un átomo que ha perdido uno o más de sus electrones. Ej.: radiación ultravioleta, visible, infrarroja, láseres, microondas y radiofrecuencia. Puede incluirse además los ultrasonidos.

17.11.5.2. Radiaciones ionizantes

Son aquellas en las que las partículas que se desplazan son iones. Estas engloban las más perjudiciales para la salud: rayos X, rayo gama, partículas alfa, partículas beta y neutrones, es decir energía nuclear.

17.11.6. Ventilación

La ventilación en los locales de trabajo debe contribuir a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador.

A su vez los locales deben poder ventilarse perfectamente en forma natural.

Se establece la ventilación mínima de los locales, en función del número de personas y actividad.

17.11.7. Iluminación

Composición espectral de la luz: debe ser adecuada a la tarea a realizar (reproducir los colores).

Evitar el efecto estroboscópico.

Iluminancia adecuada a la tarea a efectuar.

Las fuentes de iluminación no deben producir deslumbramientos, directo o reflejado.

Niveles de iluminación encuadrado en lo establecido en la Tabla 2 – Intensidad mínima de iluminación que figura en el Decreto 351/79. (tipo de edificio, local y tarea visual).

Los valores de iluminación en los diferentes puestos de trabajo se deben medir con un luxómetro calibrado. Establecimientos con tareas en horarios nocturnos debe instalarse un sistema de iluminación de emergencia.

17.11.8. Ruidos y Vibraciones

Determinación del riesgo acústico al que se encuentra expuesto el personal e identificación de las máquinas o zonas más ruidosas de la planta.

Las medidas a adoptar van a depender de los niveles obtenidos:

Niveles inferiores a 85 db(A) de Nivel Sonoro Continuo Equivalente,

NSCE superiores a los 85 db(A), pero no exceden los 90 db(A), se deben realizar exámenes audiométricos. En este caso no resulta obligatorio la entrega de protectores auditivos.

Valores mayores a los 90 db(A) uso obligatorio de protectores auditivos.

Medidas de control del ruido:

Eliminar la fuente emisora de ruido: mejorar el mantenimiento de la máquina, cambiar componentes de la misma que puedan incrementar el ruido, etc.

Actuar sobre el medio: colocar barreras ingenieriles que disminuyan el nivel de ruidos en el ambiente de trabajo.

Aislar al trabajador: Protectores auditivos

17.11.9. Señalización

Señalizar los diferentes riesgos existentes, precauciones, obligaciones a través de colores y señales.

Contar con los caminos de circulación marcados de modo de favorecer el orden y limpieza de los locales de trabajo y Señalizar las salidas normales y de emergencias necesario para casos de posibles emergencias.

Contar con las cañerías que conduzcan tantos insumos, materias primas, productos elaborados codificados.

Señalizar las instalaciones contra incendio.

17.11.10. Instalaciones Eléctricas

Protección contra riesgos de contactos directos:

Protección por alejamiento

Protección por aislamiento

Protección por medio de obstáculos

Protección contra riesgos de contactos indirectos (contacto de personas con masas puestas accidentalmente bajo tensión).

Puesta a tierra de las masas (valores de resist. Tierra <10 ohm)

Disyuntores diferenciales: deben actuar cuando la corriente de fuga a tierra toma el valor de calibración (300 mA o 30 mA según su sensibilidad) en un tiempo no mayor de 0,03 seg.

Aislar las masas o partes conductoras con las que el hombre pueda entrar en contacto.

Usar tensión de seguridad.

Proteger por doble aislamiento los equipos y máquinas eléctricas.

17.11.11. Máquinas y Herramientas

Deben ser seguras y en caso de presenten algún riesgo para las personas que la utilizan, deben estar provistas de la protección adecuada.

Los motores que originen riesgos deben estar aislados. Todos los elementos móviles que sean accesibles al trabajador por la estructura de las máquinas, deben estar protegidos o aislados adecuadamente.

Las transmisiones (árboles, acoplamientos, poleas, correas, engranajes, mecanismos de fricción y otros) deben contar protecciones adecuadas a efectos de evitar los posibles accidentes que éstas pudieran causar al trabajador.

Las partes de las máquinas y herramientas en las que existan riesgos mecánicos y donde el trabajador no realice acciones operativas, deben contar con protecciones eficaces, tales como cubiertas, pantallas, barandas y otras.

17.11.12. Aparatos para izar

AUTOELEVADORES

PUENTES GRUA

ASCENSORES Y MONTACARGAS

Requisitos

Contar con la carga máxima admisible marcada en el equipo, en forma destacada y fácilmente legible desde el piso del local o terreno.

Estar equipado con un dispositivo para el frenado efectivo de una carga superior en una vez y media la carga máxima admisible.

Los accionados eléctricamente deben cortar la fuerza motriz al sobrepasar la altura o el desplazamiento máximo permisible.

17.11.13. Aparatos Sometidos a Presión

Equipos Sometidos a Presión: todo recipiente que contenga un fluido sometido a una presión interna superior a la presión atmosférica.

17.11.13.1. Prueba Hidráulica

Se llena el recipiente con agua y se aumenta la presión interna con una bomba manual. Se verifica el funcionamiento correcto de las válvulas y la no existencia de fisuras y/o perdidas.

17.11.13.2. Medición de Espesores

Se mide el espesor de las paredes mediante técnicas de ultra sonido para verificar su resistencia a las condiciones de presión de trabajo

17.11.13.3. Ensayos Especiales

De existir dudas acerca de las condiciones del recipiente se podrán solicitar ensayos de otro tipo como gammagrafías, ensayos metalográficos, etc.

17.11.14. Protección contra incendios

Evitar la iniciación de incendios.

Evitar la propagación del fuego y los efectos de los gases tóxicos.

Asegurar la evacuación de las personas.

Facilitar el acceso y las tareas de extinción del personal de bomberos.

Proveer las instalaciones de detección y extinción del fuego.

17.11.15. Elementos de Protección Personal

El Servicio de Higiene y Seguridad en el trabajo debe determinar la necesidad de uso de EPP, las condiciones de utilización y vida útil. Una vez determinada la necesidad de usar un determinado EPP su utilización debe ser obligatoria por parte del personal.

Los EPP deben ser de uso individual y no intercambiables cuando razones de higiene y practicidad así lo aconsejen.

Los equipos y EPP, deben ser proporcionados a los trabajadores y utilizados por éstos, mientras se agotan todas las instancias científicas y técnicas tendientes a la aislación o eliminación de los riesgos.

17.11.16. Capacitación

El empleador está obligado a capacitar a su personal en materia de H y S, en prevención de enfermedades profesionales y de accidentes del trabajo, de acuerdo a las características y riesgos propios, generales y específicos de las tareas que desempeña.

La capacitación en materia de higiene y seguridad y medicina del trabajo debe ir orientada a todos los sectores del establecimiento en sus distintos niveles:

Nivel superior (dirección, gerencias y jefaturas).

Nivel intermedio (supervisores y encargados)

Nivel operativo (trabaj. de producción y adm.)

Las capacitaciones deben ser planificadas en forma anual a través de programas de capacitación para los distintos niveles.

17.11.17. Investigación de accidentes

El análisis estadístico de los accidentes del trabajo, es fundamental ya que sirven para determinar, los planes de prevención, y reflejar a su vez la efectividad y el resultado de las normas de seguridad adoptadas.

Objetivos:

Detectar, evaluar, eliminar o controlar las causas de accidentes.

Dar base adecuada para confección y poner en práctica normas generales y específicas preventivas.

Determinar costos directos e indirectos.

Comparar períodos determinados, a los efectos de evaluar la aplicación de las pautas impartidas por el Servicio y su relación con los índices publicados por la autoridad de aplicación.

17.12. Decreto 911/96-Reglamento de Higiene y Seguridad para la industria de la construcción

El Decreto 911/96 reglamenta la ley 19587 específicamente en las actividades de la industria de la construcción.

Este Decreto y sus Resoluciones complementarias 231/96, 051/97, 035/98 y 319/99 determinan las condiciones de seguridad y los requerimientos documentales que se deben cumplir en relación a la seguridad e higiene en actividades de la construcción.

17.12.1. Disposiciones generales

- Ámbito de aplicación
- Alcance
- Sujetos obligados
- El Empleador (Contratista o subcontratista)
- El Empleador de actividades complementarias
- El Trabajador dependiente de los referidos empleadores
- Responsabilidad

17.12.2. Obligaciones del empleador

- Creación de las condiciones que aseguren la
- protección física y mental y el bienestar de los
- trabajadores
- Reducción de la siniestralidad laboral a través de la prevención de riesgos y la capacitación específica.
- Adecuar las instalaciones de acuerdo a la Ley N° 19.587.
- Capacitación: obligatoria en horario de trabajo para todos los niveles.

17.12.3. Obligaciones del trabajador

- Cumplir las normas de Prevención
- Asistir a los cursos de capacitación
- Usar los Elementos de Protección Personal o colectiva
- Utilizar en forma correcta los equipos, materiales, herramientas, etc.
- Informar al empleador todo hecho riesgoso inherente a su puesto de trabajo

17.12.4. Legajo técnico

- Documento elaborado por HyS para él, control efectivo de los riesgos emergentes
- en el desarrollo de la obra.
- Contiene información suficiente de acuerdo a características, volumen y condiciones de la obra.
- Actualizada según modificaciones que pudieran aparecer.
-

17.12.5. Infraestructura de obra

- Transporte del Personal
- Viviendas para el Personal
- Instalaciones Sanitarias
- Vestuarios

- Comedor
- Cocina
- Desechos cloacales
- Agua de uso y consumo humano

17.12.6. NORMAS GENERALES

- Manipulación de materiales
- Capacitación (Levantamiento y transporte)
- Almacenamiento de materiales
- Orden y limpieza
- Libre circulación
- Desmoronamientos (bolsas – material terreo -caños)
- Orden y Limpieza en la obra
- Circulación
- Calefacción, Iluminación y ventilación
- Protección contra caída de objetos y materiales
- Trabajos en pozos de ascensores, cajas de escaleras, etc.
- Trabajos en la vía pública
- Señalización en la construcción
- Instalaciones Eléctricas
- Prevención y Protección contra incendios
- Equipos y Elementos de Protección Personal

17.12.7. NORMAS HIGIENICO AMBIENTALES

- Trabajos en ambientes hiperbáricos
- Contaminación ambiental
- Ventilación
- Radiaciones
- Ruidos y vibraciones
- Iluminación
- Carga Térmica

17.12.8. NORMAS EN DISTINTAS ETAPAS DE LA OBRA

- Demolición
- Explosivos
- Excavaciones y trabajos subterráneos
- Trabajos con pilotes y tablestacas
- Hormigón
- Pinturas
- Silos y tolvas
- Máquinas para trabajar madera
- Herramientas manuales y portátiles
- Herramientas neumáticas
- Escaleras y protecciones
- Andamios
- Silletas

17.12.9. Normas en equipos de la obra

- Caballetes
- Vehículos de transporte
- Hormigoneras

- Aparatos elevadores
- Grúas
- Montacargas
- Cables, cadenas y ganchos
- Soldadura y corte a gas
- Generadores de acetileno
- Carburo de calcio
- Gases a presión
- Compresores y depósitos de aire
- Comprimido

17.13. RESOLUCIÓN 51/97

- COMUNICACIÓN a la ART – En forma fehaciente, con al menos CINCO (5) días hábiles de anticipación, a la fecha de inicio de obra.
- PROGRAMA DE SEGURIDAD - cuando exista:
 - Excavación;
 - Demolición;
 - Construcciones que superen los 1000 m² de superficie cubierta o los 4 m de altura;
 - Tareas en proximidades de líneas o equipos energizados con Media o Alta Tensión,
 - Cuando la ART del empleador lo exija.

17.14. RESOLUCIÓN 51/97

Programa de seguridad: deberá ser confeccionado por el Servicio de Higiene y Seguridad del empleador según los requisitos que se definen en el ANEXO I.

17.15. ANEXO 1 – RES. 51/97

- a. Un programa por obra (contratista principal o subcontratista).
- b. Nómina del personal actualizado (con altas o bajas).
- c. Identificación de la Empresa, el Establecimiento y la ART.
- d. Fecha de confección del Programa de Seguridad.
- e. Descripción de la obra y las etapas constructivas con fechas probables de ejecución.
- f. Enumeración de los riesgos generales y específicos, previstos por etapas.
- g. Medidas de seguridad a adoptar, para controlar los riesgos previstos.
- h. Firmado por: Empleador, director y Responsable de HyS de la obra, y aprobado por un Profesional en HyS de la ART.

17.15.1. MECANISMO DE VERIFICACIÓN

- Las ART establecerán un plan de visitas para verificar el cumplimiento del PS en obra.
- Las ART dejarán constancias de la actividad realizada, las observaciones y las mejoras indicadas.
- Cuando las ART detecten incumplimientos al PS solicitará correcciones (máx. 15 días). En caso en que un empleador no cumpla, la ART deberá comunicarlo en forma fehaciente a la S.R.T. donde se labrará el sumario correspondiente.

17.16. RESOLUCION S.R.T. Nº 231/96

17.16.1. CONDICIONES A CUMPLIR DESDE EL COMIENZO DE LA OBRA

- Instalación de baños y vestuarios adecuados
- Provisión de agua potable
- Campamento (en caso de ser necesario)
- Vehículos para transporte del personal (en caso de ser necesario)
- Entrega de E.P.P. de acuerdo a riesgos
- Servicio de H y S: Legajo Técnico
- Programa de Capacitación básica en HyS

17.16.2. CONDICIONES A CUMPLIR DESDE EL COMIENZO DE LA OBRA

- Medidas de protección de caídas o derrumbes: barandas – vallas – señalización – etc.
- Disyuntor eléctrico o PAT en tableros y maquinaria
- Extintor ABC 10 kg
- Protecciones mecánicas en sistemas de transmisión.

17.16.3. CONDICIONES A CUMPLIR

- A los 7 días: Entrega de ropa de trabajo
- A los 15 días: Capacitación (completar)
- Instalar Carteles de Seguridad
- Sitio para Comedor
- Completar protección incendio
- Orden, limpieza y circulación

17.16.4. Horas asignadas al profesional de hys

Nº OPERARIOS	Hs. Profesionales semanales
1 a 15	De 3 a 5
16 a 50	De 5 a 10
51 a 100	De 10 a 15
101 a 150	De 15 a 20
151 o más	30 o más

Tabla 17.17.16.4.1. Horas asignadas

17.16.5. Legajo técnico

- Memoria descriptiva de la obra
- Programa de prevención de accidentes y enfermedades profesionales de acuerdo riesgos
- Programa de Capacitación
- Registro de evaluaciones efectuadas por HyS
- Plano del Obrador y Servicios Auxiliares

17.16.6. Exigencias documentales a cumplimentar por las partes

- Contar con un Servicio de Higiene, Seguridad y Medicina Laboral dirigido por un profesional habilitado.
- Contar con un seguro que cubra los riesgos de trabajo del personal afectado a través de una Aseguradora de Riesgo de Trabajo.
- Dar aviso a la Aseguradora de Riesgo de Trabajo con al menos CINCO (5) días hábiles de anticipación, la fecha de inicio de todo tipo de obra que se emprenda (Resolución 51/97)
- EXIGENCIAS DOCUMENTALES A CUMPLIMENTAR POR LAS PARTES
- Confeccionar y presentar un Programa de Seguridad ante la ART. Este programa debe presentarse cuando la obra tiene las siguientes características:
 1. Excavación.
 2. Demolición.
 3. Construcciones que superen los mil metros cuadrados (1000 m²) de superficie cubierta.
- Cuando se trabaje a más de 4 m de altura.
- Tareas sobre o en proximidades de líneas o equipos energizados con M o A tensión.
- Aquellas obras, que, debido a sus características, la ART del empleador lo solicite.

17.17. Riesgos en el ambiente laboral

El siguiente capítulo abordará aquellos riesgos que pueden suceder en el ambiente laboral todos los datos fueron tomados de [20].

17.17.1. Riesgo por ruido

El sonido es una alteración física producida por ondas de presión que viajan en un medio, el cual ha de poseer masa y elasticidad como el aire, el agua y los materiales, entre otros. Otra forma de definirlo es como una variación de presión que el oído puede detectar y que potencialmente puede ocasionar daños a la audición.

Para determinar los efectos que el ruido puede generar en el organismo se parte del conocimiento de los valores límites permisibles, los cuales establecen tiempos máximos de exposición (ver tabla 7.1), a determinados niveles de ruido sin que se presenten efectos nocivos para la salud de la mayoría de los trabajadores.

Cuando se habla de la diferencia entre ruido y sonido, suele decirse que el sonido genera una sensación agradable a quien lo escucha, mientras que el ruido produce, por su parte, una sensación desagradable. La definición habitual para ruido es: “un sonido molesto para el que lo está escuchando”, pero dicha definición es subjetiva e independiente de la capacidad de hacer daño al sistema auditivo. No obstante, es necesario comprender que así se trate de un sonido que genera una sensación agradable, éste será perjudicial para el trabajador si su intensidad supera los valores límite permisibles para el tiempo de exposición. Ese será el criterio manejado en este libro. Es necesario que el encargado del programa de higiene industrial en la empresa conozca la frecuencia, la presión sonora y el tiempo de exposición, que son determinantes para establecer si el ruido puede perjudicar la salud de los trabajadores y poder así, establecer los controles para minimizar sus efectos.

17.17.1.1. Clasificación del ruido

Por su distribución temporal se encuentran varias clasificaciones sin que difieran substancialmente, las cuales se pueden resumir en los siguientes tipos:

- Continuo estable o estacionario: es aquel que presenta variaciones menores o iguales a 5 dBA (decibeles A) durante el registro de las mediciones. Por ejemplo, el ruido de un motor que funciona sin variaciones.
- Continuo fluctuante: cuando tiene variaciones mayores a 5 dBA (decibeles A) durante períodos cortos de tiempo, este ruido varía continuamente sin apreciarse estabilidad.
- Intermitente: cuando hay variaciones significativas de presión sonora, en períodos no mayores de 15 minutos y con variaciones superiores a 5 dBA (decibeles A), el nivel superior se mantiene por cerca de un segundo y puede ser: intermitente fijo, o intermitente variable.
- De impacto o impulso: es de corta duración. El tiempo en que el nivel de ruido alcanza su máximo nivel es inferior a 35 milisegundos, mientras que la duración total del sonido es de 0,5 segundos. Para que el ruido se considere de impacto, además de lo anterior, entre un impacto y otro debe existir un lapso de tiempo mayor o igual que un segundo. Cuando los intervalos son menores de un segundo, el ruido se considera continuo.

17.17.1.2. Causas del riesgo por ruido

Algunas de las causas principales de la generación de ruido en las empresas son las siguientes:

1. Máquinas y equipos cuyo diseño no cumple con los estándares establecidos para el control de ruido. Es factible que un equipo cumpla con una norma y no con otra más exigente de otra región.
2. Falta de aislamientos acústicos.
3. Falta de sistemas de amortiguación en los equipos para reducir la vibración.
4. Ubicación inapropiada de equipos ruidosos, quedando cerca a áreas de menor ruido.
5. Ubicación de varios equipos que generan ruido en una determinada área, lo que significa una distribución inadecuada de los equipos en la planta.
6. Ubicación de equipos cerca a paredes y a superficies que producen un aumento en la reverberación y la resonancia.
7. Falta de mantenimiento de los equipos, representado por falta de reemplazo de artes, uso de partes de corte sin estar apropiadamente afiladas o lubricación deficiente.
8. Actividades ruidosas cerca a otras no ruidosas, de modo que trabajadores ajenos a esa actividad queden expuestos innecesariamente.
9. Regímenes de trabajo muy exigentes, como revoluciones de los equipos mayores a las indicadas por el fabricante o sobrecargas que aumentan el nivel de ruido.
10. Hábitos ruidosos de los operarios, quienes generan ruido al colocar música o al golpear objetos innecesariamente.

17.17.1.3. Controles para el riesgo ruido

Los sistemas de control están encaminados a disminuir los niveles de ruido en los equipos o procesos que lo generan, actuando de tres posibles formas:

1. En la fuente que genera el ruido
2. En el medio de transmisión y
3. En el trabajador o receptor.

Si se comprueba que en un lugar de trabajo existen niveles de ruido superiores o muy próximos a los TLV (Valores Límites Permisibles), es necesario planear medidas de prevención y control encaminadas a evitar las lesiones en el trabajador.

Para su prevención y control se pueden aplicar métodos para disminuir su grado de riesgo, mediante estrategias, como las que a continuación se recomiendan.

17.17.1.3.1. Sistemas de control en la fuente

Consiste en la aplicación de un método, mediante el cual se elimina el ruido por completo o se controla en la fuente donde se produce dentro de los valores límites permisibles. Esta modalidad de control se lleva a cabo por diversos procedimientos, aplicados individual o combinadamente de acuerdo a las necesidades, mediante:

1. Cambio o modificación de procesos por otros menos ruidosos
2. Diseño o selección de equipos que sean menos ruidosos, como comprar los equipos con su aislamiento acústico de fábrica.
3. Aumentar el tiempo de un ciclo de trabajo, aplicando la misma fuerza o potencia total, pero en pasos progresivos y sucesivos.
4. Modificar el régimen de trabajo (velocidad, avance y profundidad de operación).

En términos generales, para el control del ruido se requieren varias medidas parciales de modo que, en suma, se logre una atenuación importante. Se debe recordar que disminuir un ruido en tres decibeles es reducir su energía a la mitad, o reducir seis decibeles equivale a reducir su energía a la cuarta parte, lo cual es una cifra alta.

17.17.1.3.2. Reducir los niveles de vibración

consiste en instalar elementos que eviten que los materiales queden sueltos y/o utilizar materiales absorbentes de las vibraciones, mediante métodos como los que a continuación se listan:

1. Amortiguar elásticamente los soportes o anclajes de los equipos. En ocasiones es la vibración de la estructura de anclaje la que origina el ruido.
2. Aumentar la masa de las partes que vibran.
3. Emplear acoples y uniones flexibles, articuladas.
4. Usar abrazaderas como soportes adicionales que disminuyan la vibración de partes sueltas.
5. Alteración del tamaño y forma de carcasas y espacios interiores para modificar las frecuencias de resonancia.
6. Sumergir transmisiones de vibración en agua, arena, grava, aceite, etc.
7. Mantenimiento preventivo periódico.
8. Mantener una tensión conveniente de correas y cadenas.
9. Lubricación y refrigeración adecuadas.
10. Sustitución de piezas desgastadas.

17.17.1.3.3. Control del ruido aerodinámico

Mediante este sistema se procura disminuir o hacer más lentos los volúmenes de flujo de aire, el cual es un importante generador de ruido.

Igualmente, se evita que los fluidos tengan puntos de choque dentro de los ductos.

1. Ventiladores de velocidad variable de acuerdo a las necesidades.
2. Ventiladores grandes de bajas revoluciones en vez de pequeños de alta velocidad.
3. Reducir la velocidad de los fluidos en los ductos y la descarga de aire.
4. Evitar los cambios bruscos de dirección mediante un buen diseño del sistema de conducción.
5. Usar boquillas de descarga de fluidos provistas de varios orificios de salida.
6. Acoplar silenciadores de entrada y de salida.

17.17.1.3.4. Mantenimiento

Este es uno de los más importantes sistemas de reducción del ruido, ya que la lubricación deficiente o la holgura en el ajuste de las piezas incrementan el ruido.

1. Aplicar la tribología correctamente, lubricar y refrigerar los componentes sometidos a fricción con aceites o partículas grasas de viscosidad adecuada.
2. Reemplazar las partes desgastadas cuando presenten holguras anormales o cuando hayan cumplido su ciclo de vida útil. Reemplazar las parejas de fricción para no ocasionar desgastes prematuros en la pieza sustituida.
3. Balancear dinámicamente los elementos móviles.
4. Asegurar las partes móviles.
5. Afilado adecuado y periódico de las herramientas de corte.

17.17.1.3.5. Modificación de espectro (frecuencias) del ruido

Dado que las frecuencias en que se produce el ruido lo hacen más o menos perjudicial para la salud, se pueden variar las frecuencias mediante modificaciones del funcionamiento de piezas mediante la reducción de velocidad, recubrimientos, etc.

1. Amortiguar los impactos para que el ruido tenga una frecuencia más baja.
2. Reducir, en lo posible, las velocidades de rotación.
3. Recubrir, por adherencia con material sonoro amortiguador, las superficies que emiten ruido o que vibran.

Reemplazo de máquinas o partes: básicamente consiste en sustituir procesos o mecanismos ruidosos por otros más silenciosos, tales como:

1. Prensas, gatos y tensores en lugar de martillos.
2. Prensas hidráulicas en lugar de las mecánicas.
3. Correas de transmisión en vez de engranajes.
4. Uso de cadenas sintéticas en lugar de metálicas en transportadores.
5. Corte por cizallamiento.
6. Máquinas más grandes y lentas en vez de pequeñas y rápidas.
7. Sustituir engranajes de dientes rectos por de dientes helicoidales.
8. Reemplazo de engranajes metálicos por plásticos.
9. Instalar varias correas angostas en lugar de una sola ancha, cambiando las poleas planas por poleas de garganta.

17.17.1.3.6. Sustitución de procesos y operaciones

A veces se realizan procesos y operaciones que son inherentemente ruidosos. En tales casos se deben seleccionar otras formas de producción, analizarlas, ensayarlas y adoptar aquellas que logren una mayor disminución del ruido. Como posibles alternativas se citan las siguientes:

1. Compresión en vez de remachado por impacto.
2. Atornillado en vez de clavado con puntillas.
3. Soldadura en vez de remachado.
4. Trabajo en caliente en lugar de en frío.
5. Prensado en lugar de laminado o forjado.

Sistema de control en el medio de transmisión

1. Confinación sonora

a. Evitar la propagación del ruido encerrando o alejando la fuente generadora. Siendo el encerramiento más efectivo cuanto más cerca estén las paredes a la fuente de ruido. Este encerramiento ofrece una barrera al paso del ruido, incrementándose en él, interior del volumen aislado y su diseño depende de las condiciones de ventilación, temperatura y mantenimiento del equipo o del proceso. Para no ocasionar recalentamiento en los

equipos, debe calcularse el flujo de aire de consumo de refrigeración, teniendo en cuenta la facilidad de los mantenimientos para que no tengan que retirarse los aislamientos. También se debe considerar el aumento en la carga de combustible; sin embargo, debe disponerse además de materiales absorbentes de ruido adecuados a las condiciones operativas de la fuente. El mejor aislamiento es la combinación de diferentes sistemas para reducir la propagación.

b. Los sonidos de bajas frecuencias de 20 a 400 Hz tienen longitudes de onda grandes, del orden de metros, de esas magnitudes deben ser las barreras para que rompan los frentes de onda. Las altas frecuencias son del orden de los centímetros, de esas dimensiones deben ser las configuraciones para aislamientos acústicos para altas frecuencias.

Absorción del ruido

a. Las superficies duras y lisas reflejan el ruido, mientras que los materiales blandos, poco densos y porosos lo absorben, dependiendo de su resistencia al flujo de aire y teniendo en cuenta la frecuencia del sonido, el espesor del material y la forma de instalarlo. Cada material absorbente del ruido tiene una curva de atenuación particular por frecuencias.

17.17.1.3.7. Reducción del ruido transmitido por elementos estructurales

a. Este fenómeno se presenta por la comunicación de la vibración entre sólidos, lo cual requiere establecer una discontinuidad, independizando las bases o soportes de la fuente del ruido, la cimentación de un equipo, el aislamiento entre placas de concreto, juntas de dilatación, etc.

b. La combinación de materiales de diferente densidad entorpece la, transmisión del sonido, así por ejemplo, una ventana con marcos de madera, metálico, plástico, y sellado con silicona, caucho, corcho, entre otros, sosteniendo cada uno vidrios de diferentes espesores, resulta un aislamiento acústico. El vidrio de menor espesor se coloca del lado del ruido y el más grueso del lado aislado. Es ideal que entre los vidrios se encuentre un espacio al vacío, o lleno con un gas muy poco denso.

c. Alejar las fuentes también resulta muy conveniente; como en todo tipo de radiación, la intensidad decae con el cuadrado de la distancia(r), al duplicar la distancia(r) entre la fuente y el receptor, se disminuyen seis decibeles, es decir, la cuarta parte; al triplicar la distancia, la intensidad decae a una novena parte, disminuye nueve decibeles, al cuadruplicar la distancia la intensidad decae a una dieciseisava parte, es decir se restan 12 dB.

17.17.1.3.8. Influencia del ruido de fondo

a. Su control comienza desde el mismo momento del diseño o adecuación de áreas para implementar cualquier proceso productivo, teniendo en cuenta el plan de ordenamiento territorial o donde esté definido el uso del suelo (zona industrial, comercial, residencial, de tranquilidad o zona rural), para la ubicación espacial de los procesos ruidosos, con relación a la planta y a los vecinos.

b. El ruido como criterio de selección para la adquisición de máquinas, equipos y herramientas, con miras a eliminar las condiciones ruidosas.

c. La distribución de áreas, el aislamiento de ciertos procesos y la separación entre máquinas y de éstas con paredes, vigas, placas y columnas, son aspectos importantes para tener en cuenta, a efecto de disminuir la intensidad del ruido.

d. La selección cuidadosa de maquinaria, equipos, herramientas y otros aspectos de trabajo, teniendo en cuenta su generación de ruido.

Generalmente, el mayor valor que pueda tener un equipo bien diseñado acústicamente, se revierte en disminución de costos por uso de elementos de protección personal,

acondicionamientos y aportes por concepto de riesgos profesionales, insonorizaciones y multas.

17.17.2. Riesgo por vibraciones

Se considera vibración todo movimiento oscilatorio de un cuerpo sólido respecto a una posición de equilibrio o de referencia, sin que experimente desplazamiento. Dentro de los riesgos ocupacionales, frecuentemente no se da la importancia que tiene la exposición a las vibraciones, presentes en trabajos de martillado, operación de martillos neumáticos, conducción de vehículos, compactadores de suelos, taladros percutores y muchas otras herramientas cuya operación puede afectar al trabajador, especialmente en su sistema articular y hematopoyético, actividades que deben ser controladas para evitar que se traduzcan en lesiones para los operadores. Para establecer medidas de protección integral del trabajador, se deben determinar los parámetros de identificación de vibraciones, mediante procedimientos de medición de acuerdo con los ejes en que se generen las vibraciones y los valores máximos establecidos.

En este capítulo el lector encontrará información sobre las medidas de control que permiten la ejecución de operaciones donde estén implicados factores de riesgo por vibración con un grado aceptable de seguridad. Es aconsejable tomar medidas de control directamente, sin hacer mediciones, ya que no es muy frecuente el uso de la instrumentación para la valoración de este tipo de riesgo

17.17.2.1. Controles para el riesgo de vibraciones

La prevención se lleva a cabo por diversos procedimientos similares a los utilizados para el control del ruido, ya que comparten fenómenos físicos análogos.

Se pueden hacer valoraciones cualitativas y tomar medidas de control; el hecho de no contar con suficientes conocimientos y equipos de medición, y en muchos casos sin siquiera legislación, no exime al empleador, al responsable de la seguridad y la salud en el trabajo ni al mismo trabajador de tomar medidas de control directamente.

17.17.2.1.1. Control en la fuente

Son aquellos aplicados individual o combinadamente en el lugar o equipo en donde se genere la vibración, de acuerdo a las necesidades y mediante acciones como:

1. Evitar la generación de vibraciones ocasionadas por desgaste de superficies, holguras, rodamientos desgastados o averiados, giro de ejes, entre otras.
2. Diseño ergonómico de las herramientas.
3. Adquirir herramientas y equipos de vibración reducida.
4. Desfasar o desintonizar las vibraciones, modificando la frecuencia de resonancia por variación de masa o rigidez de partes.
5. Mandos o controles a distancia o de control remoto que alejan al trabajador del riesgo.
6. Verificar que los sistemas de suspensión de los vehículos estén en buen estado.
7. Superficies de rodadura sin discontinuidades.
8. Balancear dinámicamente los equipos de rotación.
9. Régimen de trabajo dentro de los parámetros del fabricante del equipo.

17.17.2.1.2. Control en el medio de transmisión

Aplicando métodos de control entre el equipo o lugar en que se genera la vibración y el sitio en donde permanezca el trabajador, entre los cuales se mencionan:

1. Se puede atenuar la transmisión de la vibración al hombre, interponiendo materiales aislantes y/o absorbentes de la vibración entre la fuente o sitio en que se genera y el receptor o trabajador.
2. Instalando plataformas o sillas, según el caso, con sistemas de suspensión para el

trabajador, compuestos por elementos de funciones amortiguadoras y de resortes

3. Instalando columpios, tapetes, plataformas amortiguadoras de materiales tales como poliuretano, corcho, cauchos, poliestireno expandido, entre otros.

4. Colocar los puestos de trabajo en cabinas aisladas mecánicamente mediante sistemas de suspensión.

5. Estructuras independientes o discontinuas para dificultar la transmisión de la vibración por las estructuras.

6. Anclaje elástico de maquinaria que vibra para que no se transmita a la estructura.

7. Soportes de equipos y tuberías aislados de las estructuras para que la vibración no se transmita por vigas, columnas, placas y demás estructuras.

8. Estructuras diseñadas para que cambien su geometría y con esta la frecuencia natural de oscilación para que no entren en resonancia con la frecuencia de excitación.

17.17.2.1.3. Control en el trabajador o receptor

Cuando no es factible establecer métodos de control en la fuente o en el medio transmisor se recurre al control en el trabajador, dentro de los cuales se puede elegir:

1. Atenuar su transmisión al hombre colocando manijas o asas de material elástico o absorbente de las vibraciones.

2. Las manijas y controles de equipos que vibran pueden montarse sobre sistemas de suspensión compuestos por muelles y amortiguadores.

3. Reducción del tiempo de exposición y pausas aplicadas en igual forma a las utilizadas para control del ruido.

4. Uso de guantes antivibratorios, cinturones, plantillas y suelas de calzado y muñequeras antivibración, los hay certificados que indican el porcentaje de atenuación discriminado por frecuencias; seleccionar aquellos que tienen las mejores prestaciones en las frecuencias críticas.

5. Establecer procedimientos para mantener calientes las manos del trabajador.

6. Instruir sobre la forma de asir la empuñadura de las herramientas, que debe ser con la menor fuerza posible que permita ejecutar el trabajo correctamente.

7. Colocar señales ordenativas (circunferencia azul claro con símbolo en blanco), indicando los equipos de protección personal que deben utilizarse.

8. Hacer interrupciones de exposición de 10 minutos por cada hora de trabajo con vibración, para restablecer la microcirculación que se ve comprometida.

9. Reconocimientos médicos de ingreso y anuales para identificar las personas susceptibles a la vibración y desarrollar un programa de vigilancia epidemiológico al personal expuesto.

10. Evitar el consumo de cigarrillos, bebidas y alimentos de efecto vasoconstrictor.

11. Formar e informar al trabajador en la identificación del riesgo y los controles.

En general, se aconseja que cuando la dosis de vibraciones sea igual o mayor a la mitad de los valores límites permisibles, se incluirá en el sistema de vigilancia epidemiológica a la población expuesta.

Este proceso debe iniciarse con una valoración clínica de los aspirantes a cargos expuestos a vibraciones, con determinación de condiciones auditivas, sistema nervioso central, sistema cardiovascular, condiciones de motricidad, sistema raquídeo y, en forma general, de todo el sistema músculo esquelético, al cual deben acompañar reconocimientos periódicos específicos de acuerdo con los criterios profesionales del médico laboral, para adecuar los puestos y no agravar condiciones del trabajador.

17.17.3. Riesgo por temperatura

La temperatura es un factor de riesgo que puede afectar a los trabajadores si presenta niveles excesivos de calor o de frío. Dependiendo de los niveles de temperatura ambiental se puede hablar de problemas de confort térmico o de problemas de estrés térmico.

El organismo humano funciona como un almacenador de temperatura, el cual, bajo condiciones no muy drásticas en los cambios de temperatura ambiental, puede mantener la temperatura del cuerpo constante bajo los niveles normales para el funcionamiento fisiológico del organismo. Dispone de sistemas de control internos que le permiten mantener la temperatura mediante la vasodilatación o vasoconstricción, incremento del ritmo cardíaco o disminución del mismo, aumento del área de la piel por dilatación o disminución de la misma, activación de las glándulas sudoríparas o bloqueo de las mismas, de acuerdo al caso.

Cuando los niveles de exposición al frío o al calor son muy altos o muy prolongados el cuerpo se vuelve incapaz de mantener constante la temperatura interna del cuerpo, de modo que ésta sube o baja de acuerdo a las circunstancias ocasionando efectos que pueden llegar a ser graves para la salud del trabajador, de allí que se deban mantener controles rigurosos sobre la temperatura presente en el lugar de trabajo, realizando las mediciones correspondientes y aplicando los controles para minimizar este tipo de riesgo.

17.17.3.1. Control del riesgo por temperatura

1. Para la sobreexposición al calor:

- a. Establecer sistemas de inyección de aire por la parte baja de los locales y extracción por la parte superior, para favorecer la convección natural del aire, teniendo en cuenta la calidad del aire que ingresa.
- b. En climas cálidos, instalar sistemas de aire acondicionado.
- c. Suministrar overoles de colores claros, con mallas para transpiración en el área de las axilas, los omoplatos y los genitales.
- d. Suministrar bebidas hidratantes avaladas por el médico de la empresa.
- e. Disminuir la carga de la actividad física realizada, mecanizando las actividades repetitivas o que exijan alto esfuerzo físico.
- f. Realizar aislamientos térmicos.
- g. Reducir el tiempo de exposición.
- h. Suministrar una alimentación balanceada acorde con las circunstancias y avalada por el médico de la empresa.
- i. Formación de los trabajadores para identificar riesgos y primeros síntomas de alteraciones por efectos de la temperatura.
- j. Adelantar programas de hidratación.
- k. Suministrar ropa de trabajo adecuada.
- l. Al salir de una zona de calor, donde se ha laborado durante la jornada de trabajo, hacia una zona de temperatura ambiental más fría, es conveniente desacalorarse, pasando de la zona de calor a otra de transición y esperar allí 15 minutos, luego, salir bien abrigado.

2. Para sobreexposición a frío:

- a. Suministrar ropa térmica de acuerdo a las circunstancias; se debe proteger además del cuerpo, manos, orejas, cara y cabeza. La ropa ha de ser ligera, poco voluminosa e impermeable, permitiendo la transpiración.
- b. Evitar tareas con poca actividad física.
- c. Suministrar una alimentación balanceada acorde con las circunstancias y avalada por el médico de la empresa.
- d. Instalar equipos de suministro de aire caliente de acuerdo con las circunstancias.
- e. Formación de los trabajadores para identificar riesgos y primeros síntomas.
- f. Evitar corrientes de aire innecesarias.

3. Para alcanzar el confort térmico:

- a. Vestirse acorde con las condiciones climáticas
- b. Suministrar bebidas calientes o refrescantes de acuerdo con la situación y de acuerdo con el médico de la empresa.
- c. Realizar pausas activas que aumenten la circulación sanguínea para los casos de sensación de frío.
- d. Disminuir o aumentar el flujo de aire por puertas y ventanas acorde con las condiciones.
- e. El número de trabajadores en un área determinada debe estar acorde con el área y volumen de aire del lugar.

17.18. Gestión en seguridad

Para desarrollar en forma coherente un programa de gestión en seguridad y salud en el trabajo, se debe seguir un modelo que contenga una estructura sobre la cual se puedan desarrollar las diversas etapas del respectivo programa.

A continuación, el lector encontrará un esquema básico, común a muchos de los sistemas de gestión, a partir del cual podrá determinar los parámetros para establecer un sistema de gestión.

Es importante advertir que su adecuada aplicación debe hacerse siguiendo un plan de gestión debidamente estructurado, el cual facilite la implantación, el desarrollo y la evaluación de las actividades dentro de un proceso de mejora continua que permita, en forma gradual, dar cumplimiento a las normas legales y técnicas de modo que la empresa pueda implementar condiciones de seguridad en el trabajo que garanticen el desarrollo de los procesos, sin interrupciones o retrasos debidos a enfermedades profesionales, accidentes e incidentes de trabajo, los cuales, además de los costos que ocasionan, son un factor de alteración de los procesos.

17.18.1. Política

La política, en la gestión de salud ocupacional y seguridad industrial, es entendida como una manifestación escrita de la voluntad y del compromiso de la gerencia para proporcionar a sus empleados un ambiente de trabajo seguro. La política debe ser propia de la organización y apropiada para la naturaleza y escala de los riesgos de seguridad y salud ocupacional presentes en la actividad concreta de cada empresa, e incluye el compromiso en cuanto a la prevención de lesiones y enfermedades y en cuanto a la mejora continua en la gestión y desempeño de la seguridad y salud ocupacional; ha de ser liderada por el empleador pero debe ser consultada y difundida a todas las personas relacionadas con la empresa; la política es proyectada en el tiempo y proactiva en cuanto al compromiso institucional y ha de ser actualizada y aplicada permanentemente.

La política es el punto de partida, pero lo verdaderamente relevante es aplicarla y utilizarla como referencia en los programas de salud ocupacional. La política se constituye en un axioma de la empresa, en patrimonio colectivo que orienta su quehacer cotidiano; únicamente concebida así, tiene sentido.

En la práctica, muchas empresas copian políticas ajenas, al final esto se convierte en una máscara utilizada para presentarse ante la auditoría, pero, confiere una identidad falsa a la organización y crea un efecto totalmente contrario.

El gráfico presenta un resumen de los pasos esenciales que debe tener todo sistema de gestión

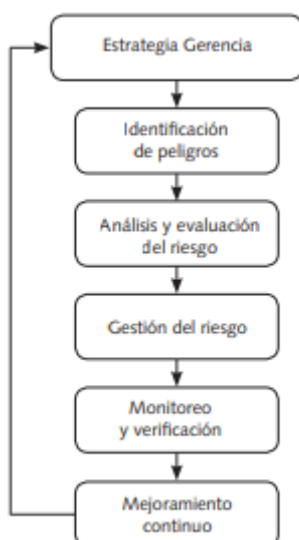


Ilustración 17.18.1.1 Política de empresa

17.18.2. Estrategia gerencial

Corresponde a la gerencia asumir el liderazgo del sistema de gestión en todas sus fases, las cuales, partiendo de la política, deberán determinar los objetivos y las metas. Es competencia de la gerencia asignar los recursos materiales, económicos y humanos necesarios para el desarrollo del sistema e involucrarlos en un proceso de planeación y de mejora continua.

17.18.3. Identificación de peligros

El primer paso siempre será identificar y evaluar los riesgos; para ello se elabora un diagnóstico de seguridad y salud ocupacional, dirigido a la identificación de los peligros y los riesgos.

El proceso debe incluir la formación de todos los trabajadores para que estén en capacidad de reconocer los peligros, identificar los riesgos y reportarlos inmediatamente.

Para identificar los peligros generados por la operación de la organización, es necesario tener en cuenta:

1. Operaciones y procedimientos rutinarios y no rutinarios, teniendo en cuenta que el trabajo rutinario forma con facilidad hábitos seguros de procedimiento, mientras que los no rutinarios, frecuentemente, omiten medidas de prevención no establecidas por lo esporádico de la actividad.
2. Peligros y riesgos que plantean las actividades adelantadas por el personal propio, contratistas, visitantes y cualquier otra persona relacionada con la organización.
3. Instalaciones para el desarrollo de la actividad de la empresa, teniendo en cuenta las áreas comunes.
4. Medios de producción y de transporte.

Las herramientas disponibles para los trabajadores, en este proceso de identificación de peligros, se pueden considerar en una de estas dos categorías:

17.18.3.1. La identificación proactiva

prevé los peligros y los riesgos asociados. Para ello, puede valerse de las siguientes herramientas:

- a. Análisis de puestos de trabajo: identifica los peligros de las estaciones de trabajo.

- b. Análisis de tareas: identifica los riesgos de las tareas o procesos y determina las actividades críticas.
- c. Análisis de riesgos por oficios: identifica los riesgos de los oficios.
- d. Inspección de seguridad: identifica los riesgos de las instalaciones, sistemas y equipos (locativas, eléctricas, hidráulicas, neumáticas, sistemas de emergencia, equipos, maquinaria y procesos).
- e. Observación de comportamientos: identifica los riesgos derivados del comportamiento del trabajador.
- f. Reporte de actos y condiciones inseguras: identifica los riesgos derivados de los actos y condiciones inseguras observadas.

17.18.3.2. La identificación reactiva

Investiga las causas de eventos indeseados; hace parte de este tipo de identificación:

- a. La investigación y análisis de los casi accidentes y los accidentes, con el fin de identificar sus causas básicas y realizar actividades correctivas posteriores a la ocurrencia del evento.

1. Conocer	Consiste en el reconocimiento pleno del factor de riesgo.
2. Criticar	Considerar los efectos nocivos para la salud, la comodidad y la productividad.
3. Dimensionar	Es la acción de medir y expresar mediante el Grado de peligrosidad o Grado de riesgo, la dimensión del riesgo.
4. Contrastar	Consiste en comparar la condición encontrada con disposiciones legales o técnicas, TLV.
5. Intervenir	Selección de métodos de control cuya eficiencia y costo hagan posible su implementación.
6. Evaluar	La intervención debe ser evaluada posteriormente para calificar sus resultados.

Ilustración 17.18.3.2.1 Identificación reactiva

17.18.4. Inspección de seguridad

Es una metodología proactiva de identificación de peligros mediante un procedimiento que permite identificar los peligros y los riesgos ocupacionales, antes de que puedan convertirse en accidentes, incidentes y enfermedades profesionales. De ahí la importancia de programar actividades que determinen las características, los costos y los tiempos de la producción, cuyo aseguramiento solo es posible si existe un control de los riesgos que pueda alterar la programación de la producción.

Las inspecciones se clasifican según los siguientes aspectos:

17.18.4.1. Por su cobertura

- a. Generales: cubrirán los procesos e instalaciones de una empresa, en su totalidad.
- b. Específicas: enfocadas a dependencias, servicios, equipos, recursos o procesos específicos.
- c. Especiales: dirigidas hacia procesos de alto riesgo, como trabajo en espacios confinados, en caliente, en áreas clasificadas, trabajos en alturas, en instalación y funcionamiento de nuevos equipos, etc.

17.18.4.2. Por su frecuencia

- a. Periódicas: se realizan en fechas previamente
- b. acordadas (mensuales, bimensuales, etc.).
- c. Intermitentes: a intervalos regulares y cortos (cada 15, 30, 60
- d. minutos). Tienden a detectar operaciones riesgosas.
- e. Continuas: exclusivas para operaciones de alto riesgo que
- f. requieren constante control (soldadura en recipientes a presión
- g. con líquidos inflamables o en lugares confinados).

- h. Esporádicas: sin regularidad en el tiempo. Son efectuadas, generalmente, por
- i. entidades gubernamentales, alta dirección de la empresa, asesores temporales, etc.

Para dar un ordenamiento metodológico a la inspección, se recomienda observar las siguientes fases:

1. Fase previa

- a. Análisis de información documentada de la empresa en materia de seguridad e higiene industrial.
- b. Indagación sobre aspectos relacionados a los responsables de las áreas de inspección y de salud ocupacional.
- c. Informarse sobre las características del proceso de producción.

2. Fase de actuación

Visita de inspección realizada en el orden del proceso. Las inspecciones pueden ser generales (orientadas a todas las áreas, instalaciones y procesos) o específicas, tales como:

- a. Emergencias (combustibilidad de los materiales de construcción, brigadas, equipos, vías de evacuación, iluminación).
- b. Almacenamiento.
- c. Condiciones de estaciones de trabajo.
- d. Gestión ambiental.
- e. Condiciones de higiene industrial.
- f. Instalaciones (locativas, energéticas).
- g. Máquinas, equipos y herramientas.
- h. Materias primas e insumos.
- i. Medios de transporte.
- j. Procesos.
- k. Saneamiento básico industrial (orden y limpieza, servicios).
- l. Señalización.

Es indispensable que durante la inspección se tomen notas detalladas y registros de las situaciones encontradas, e incluso, se indiquen posibles métodos de control.

3. Fase de informe

Consiste en la recopilación escrita de las condiciones subestándar encontradas, indicando:

- a. Ubicación del riesgo.
- b. Identificación del riesgo.
- c. Consecuencias posibles.
- d. Número de personas expuestas.
- e. Tiempo de exposición.
- f. Métodos de control existentes.
- g. Métodos de control recomendados.
- h. Relación entre inspección y accidente de trabajo.

En el gráfico 9.18.4.2. se observa la interrelación que existe entre la inspección de seguridad y la ocurrencia de casi accidentes y accidentes de trabajo.

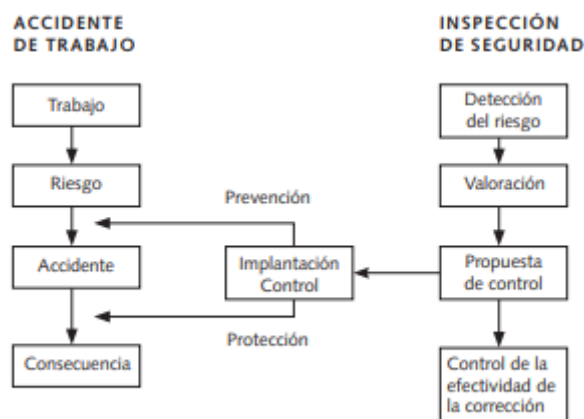


Ilustración 17.18.4.2.1 Interrelación entre accidente de trabajo e inspección de seguridad

17.18.5. Análisis y evaluación del riesgo

El riesgo se debe analizar teniendo en cuenta si la tarea es o no rutinaria y su evaluación se hace estableciendo el grado de peligrosidad, si es de seguridad; y el grado de riesgo, si es de higiene; para ello se sigue alguna de las múltiples tablas de valoración existentes y que en este libro se han tratado en cada uno de los capítulos enfocados a riesgos y peligros específicos.

17.18.6. Valoración de riesgos

El proceso general parte del desarrollo de una planeación dentro del sistema de gestión, para identificar y tratar los peligros y riesgos inherentes a la operación de la organización y su interacción con la visión, la misión, las políticas, los objetivos y las metas, así como los requerimientos de tipo legal.

El proceso demanda el establecimiento de un método sistemático que permita:

1. Identificar: la empresa debe establecer y aplicar procedimientos para la continua identificación de peligros.
2. Evaluar: después de tener identificados los peligros se deben analizar y evaluar los riesgos asociados. Para esto, existen metodologías cualitativas, semi-cuantitativas y cuantitativas.
3. Tratar: una vez evaluados y priorizados los riesgos, se establecen los mecanismos de tratamiento y las medidas de control necesarias para reducirlos, por orden de importancia y dentro de los márgenes de viabilidad, sin ignorar ningún riesgo significativo ni ninguna mejora posible, teniendo en cuenta factores procedentes de los equipos y de la intervención humana relacionada con la operación del mismo.

Este tratamiento debe realizarse mediante programas de gestión que llenen las expectativas del ciclo PHVA.

17.18.7. Metodologías para la evaluación de riesgos

Se pueden agrupar las metodologías existentes en estas tres categorías:

17.18.7.1. Métodos cualitativos

El método cualitativo emplea palabras o escalas para describir la magnitud de las consecuencias potenciales y la posibilidad de que éstas ocurran. Dichas escalas pueden adaptarse o ajustarse a las características particulares de la empresa y se pueden emplear diferentes descripciones de riesgos.

Su objetivo es identificar:

- a. Riesgos.
- b. Efectos.
- c. Causas.

Se emplea como una actividad inicial de preselección, para identificar los riesgos que necesitan un análisis más detallado, cuando el nivel del riesgo no justifica el tiempo y esfuerzo requeridos para un análisis más completo; o cuando los datos numéricos disponibles son inadecuados para un análisis cuantitativo.

Algunos métodos cualitativos conocidos son:

- Panorama de factores de Riesgos o identificación de peligro
- What If...?
- Análisis de modos de los fallos y sus efectos (FEMA).
- Análisis de causas y consecuencias (ACC).
- Método matriz de riesgos.
- HAZOP.
- Árbol de fallos (ETA).
- Árbol de sucesos (ETA).

17.18.7.2. Métodos semi-cuantitativos

En este método, se asignan valores a escalas cualitativas como las descritas anteriormente. No es obligatorio que el número asignado a cada descripción tenga una relación exacta con la magnitud real de las consecuencias o la probabilidad de ocurrencia. Los números se pueden combinar mediante cualquier fórmula, siempre y cuando el sistema usado para priorización sea compatible con el sistema escogido para asignar números y combinarlos. Por ejemplo:

Grado de riesgo = Probabilidad x Consecuencias x Exposición

El objetivo es permitir una priorización más detallada de la que se logra en el análisis cualitativo.

Estos métodos son útiles para concluir comparaciones entre:

- a. Distintas plantas existentes.
- b. En una misma planta, antes y después de las modificaciones.
- c. Entre procesos diferentes ligados a un mismo fin.
- d. Entre alternativas de diseño.

17.18.7.3. Métodos cuantitativos

Emplea valores numéricos, en lugar de las escalas descriptivas empleadas en los métodos cualitativos y semi-cuantitativos. Tanto para las consecuencias como para la probabilidad se emplean datos de distintas fuentes.

Su objetivo es expresar el grado de riesgo en términos probabilísticos e incluye un análisis crítico con cálculos y estructuras para establecer la probabilidad de sucesos complejos. Algunos de estos métodos son:

- a. Análisis cuantitativo mediante árboles de fallos (ETA).
- b. Análisis cuantitativo mediante árboles de sucesos (ETA).
- c. Análisis cuantitativo de causas y consecuencias (ACC).
- d. Matriz de evaluación de riesgos.

Las valoraciones ambientales y biológicas de los riesgos permiten establecer escalas cuantitativas de Grado de Riesgo (GR) o Dosis.

17.18.7.4. Panorama de factores de riesgo

El Panorama de factores de riesgo da una visión general de los peligros y los riesgos, los cuales tienen una estrecha relación con la actividad económica, la ubicación geográfica, las condiciones locativas y los procedimientos, entre otros.

El Panorama de factores de riesgo es el diagnóstico resultante de una inspección de seguridad, cuyos resultados son el punto de partida para la gestión de salud ocupacional, ya que de él se desprenden las actividades a realizar y por ello debe darse especial importancia a su ejecución, asignando personal con nivel de formación acorde con el grado de complejidad de la empresa y con buen criterio en esta materia.

Previo a la visita de inspección, debe disponerse de información básica que permita dimensionar la complejidad del trabajo (actividad económica, accidentalidad, proyectos, número de trabajadores y cualquier otra información pertinente), e informar a todos los trabajadores sobre el proceso que se adelanta a fin de motivar su participación y colaboración.

El diagnóstico es un inventario de todos los riesgos detectados tanto para actividades rutinarias como no rutinarias, la ubicación de los mismos, clasificación, descripción, consecuencias, valoración por grado de peligrosidad para riesgos de seguridad y grado de riesgo para los de higiene, cálculo de la repercusión del riesgo acorde con el número total de personas expuestas a un mismo riesgo, determinación de controles existentes y propuesta de medidas de control. Posteriormente, se realiza una priorización de acuerdo con la valoración de los riesgos, a fin de establecer un cronograma de actividades. Es importante que en este diagnóstico se consideren también los riesgos a los que están expuestos los visitantes y los contratistas, que, además, pueden ser nuevas fuentes de riesgo para la empresa.

El Panorama de factores de riesgo consta de:

1. Documento teórico en el cual se define su propósito, objetivos, alcance y metodología (clasificación utilizada, sistemas de valoración y de priorización).
2. Cuadros para el registro sistematizado, entre los cuales se destacan:
 - a. Ubicación: localización de peligro o riesgo (estación de trabajo, lugar o proceso).
 - b. Clasificación: con base en la metodología utilizada.
 - c. Identificación: descripción clara y concisa del riesgo, indicando si se trata de una actividad rutinaria o no rutinaria y de sus posibles consecuencias.
 - d. Valoración: de acuerdo con la metodología elegida, teniendo en cuenta: tiempo de exposición, probabilidad de ocurrencia, consecuencias y porcentaje de personas expuestas.
 - e. Priorización del riesgo según el resultado de la valoración.
 - f. Controles existentes y propuestos:
 - En la fuente.
 - En el medio.
 - En el trabajador.

Clasificación riesgos: para que el inventario de factores de riesgo de un panorama, sea manejable y permita establecer relaciones entre la severidad y frecuencia de un determinado riesgo, es necesario, mediante diversos análisis estadísticos, realizar previamente una clasificación. Existen diversas formas de clasificar los riesgos, pero bajo parámetros ya establecidos de lo que son los riesgos de seguridad e higiene.

17.18.8. Grado de peligrosidad

El grado de peligrosidad se calcula para calificar la agresividad potencial de un riesgo de seguridad; es decir, de un riesgo que al desencadenarse puede generar un accidente de trabajo.

La metodología más difundida utiliza el criterio de Grado de Peligrosidad como el producto de tres variables:

1. La Exposición (E), que hace referencia al tiempo en que el trabajador permanece en la situación de riesgo.
2. La consecuencia (C) evalúa subjetiva y/u objetivamente los posibles efectos en las personas, materiales y procesos.
3. La probabilidad (P), indica la posibilidad de que se materialice la condición de riesgo.

Para su valoración se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Grado de Peligrosidad (GP)} = \text{Exposición (E)} \times \text{Consecuencias (C)} \times \text{Probabilidad (P)}$$

Valores tomados para la fórmula de peligrosidad: existen múltiples modelos de tablas cuyos valores y rangos difieren en algunos aspectos dependiendo de la metodología, pero manteniendo los criterios básicos de valoración.

17.18.9. Grado de riesgo (GR)

El grado de riesgo determina la agresividad potencial de un riesgo de higiene, que con el tiempo puede llegar a generar una enfermedad profesional a los trabajadores expuestos.

Para su valoración se utilizan instrumentos de medición según el riesgo y se contrastan los resultados obtenidos con los valores límites permisibles. El grado de riesgo, cuando existen mediciones previas, se calcula así:

$$\text{Grado de riesgo (GR)} = \text{Dosis real} / \text{Dosis permitida}.$$

GRADO DE RIESGO ¹	INTERPRETACIÓN CUALITATIVA
GR < 0,5	Bajo
0,5 ≤ GR ≤ 1.0	Medio
GR > 1	Alto

Tabla 17.18.9.1 Grados de riesgo

Cuando no se hayan realizado mediciones de higiene, es posible tener una aproximación cualitativa del grado de riesgo, sin que pueda emular en precisión con una medición instrumental, pero en su ausencia, es una forma de suplir su inexistencia.

17.18.10. Aproximación cualitativa para los grados de riesgos físicos

ILUMINACIÓN	
Alto	Ausencia de luz natural o deficiencia de luz artificial, con sombras evidentes y dificultad visual para realizar la tarea. Deslumbramiento.
Medio	Percepción de algunas sombras, fatiga visual.
Bajo	Ausencia de sombras, puede realizar la tarea con leve esfuerzo visual.
RUIDO	
Alto	No escuchar una conversación a una intensidad normal a una distancia de 50 cm.
Medio	Escuchar la conversación a la distancia de 1 m en intensidad normal.
Bajo	No hay dificultad para escuchar una conversación a intensidad normal a 2 m ó más.
VIBRACIONES	
Alto	Percibir vibraciones fuertes (martillo percutor, guadañadora).
Medio	Percibir moderadamente vibraciones (caladora manual).
Bajo	Vibraciones apenas percibidas (afeitadora eléctrica).
RADIACIONES IONIZANTES Y NO IONIZANTES	
Es necesario evaluar cada caso de acuerdo con la clase de radiación, parte del cuerpo expuesta y duración de la exposición.	

Ilustración 17.18.10.1. Aproximación cualitativa para riesgos físicos

17.18.11. Aproximación cualitativa para los grados de riesgos por temperatura

TEMPERATURAS ALTAS O BAJAS	
Alto	Percepción de calor o frío en forma inmediata al ingresar al lugar que se valora.
Medio	Percepción de calor o frío, luego de permanecer cinco minutos en el lugar que se valora.
Bajo	Sensación de discomfort térmico.

Ilustración 17.18.11.1. Temperaturas altas o bajas

17.18.12. Aproximación cualitativa para los grados de riesgos químicos

RIESGO QUÍMICO	
Ver metodología para evaluación simplificada de riesgo químico, Capítulo 13.	

Ilustración 17.18.12.1. Riesgo químico

17.18.13. Aproximación cualitativa para los grados de riesgos biológicos

BIOLÓGICO	
Alto	Contaminación biológica en: alimentos, bebidas, materiales manipulados, servicios de salud y públicos, entre otros; así como exposición a plagas y vectores sin medidas de control, pudiendo generar enfermedades mortales y graves sin tratamiento eficaz.
Medio	Contaminación biológica en: alimentos, bebidas, materiales manipulados, servicios de salud, y públicos, entre otros; así como exposición a plagas y vectores, pudiendo generar enfermedades incapacitantes con tratamiento eficaz.
Bajo	Condiciones sanitarias que pueden generar enfermedades leves, de fácil tratamiento.

Ilustración 17.18.13.1. Riesgo biológico

17.18.14. Aproximación cualitativa para los grados de riesgos ergonómicos

SOBRECARGA Y ESFUERZOS	
Alto	Manejo de cargas a brazo mayores a 25 kg para hombres y 12,5 kg para mujeres, así como cargas a hombro mayores a 50 kg para hombres y 20 kg para mujeres.
Medio	Manejo de cargas a brazo entre 15 y 25 kg para hombres y entre 7,5 y 12,5 kg para mujeres, así como cargas a hombro entre 30 y 50 kg para hombres y entre 10 y 20 kg para mujeres.
Bajo	Manejo de cargas a brazo menores a 15 kg para hombres y 7,5 kg para mujeres, así como cargas a hombro menores a 30 kg para hombres y 10 kg para mujeres.
POSTURA HABITUAL	
Alto	Mantenimiento de una postura forzada o invariable.
Medio	Postura única con poca movilidad corporal.
Bajo	De pie o sentado indistintamente, con pocas posibilidades de cambiar de postura.
MOVIMIENTOS - RITMOS DE TRABAJO	
Alto	Actividad a ritmo rápido y continuo.
Medio	Trabajo continuo, a ritmo moderado con posibilidad de hacer pausas.
Bajo	Ritmo discontinuo con ocasionales ritmos rápidos.
DISEÑO DEL PUESTO	
Alto	Puesto de trabajo que tiene varios puntos claramente nocivos que obligan al trabajador a sobrecarga biomecánica.
Medio	Puesto de trabajo con varios puntos deficientes que causan incomodidad y malestar.
Bajo	Puesto de trabajo con aspectos mejorables.

Ilustración 17.18.14.1 Riesgos ergonómicos

17.18.15. Aproximación cualitativa para los grados de riesgos psicolaborales

RIESGO PSICOSOCIAL	
Factores de riesgo psicosocial: modalidad de contratación inestable, exigencias superiores a las capacidades, horarios extendidos, falta de comunicación, aislamiento, maltrato, discriminación, acoso laboral, trabajo a turnos, falta de reconocimiento, mobbing laboral (violencia oculta en el trabajo).	
Alto	En la medida en que los factores de riesgo puedan ocasionar: síndrome del quemado (<i>burnout</i>), trastornos severos de conducta, conflictos laborales y sociales, aislamiento o adicciones, entre otros.
Medio	Estrés, relaciones conflictivas, agresividad, entre otros.
Bajo	Insatisfacción moderada.

Ilustración 17.18.15.1 Riesgos psicosociales

17.19. Trabajos de alto riesgo

Las tareas de alto riesgo son aquellas en las que, por la misma naturaleza de su actividad, por el lugar, o por las condiciones donde estas tareas se desarrollan, son potencialmente capaces de ocasionar graves lesiones o la muerte del trabajador, así como daños y pérdidas significativas a materiales e instalaciones.

Los trabajos considerados de alto riesgo deben ser objeto de medidas de prevención extremas, que no se suplen simplemente con un beneficio económico extra para el trabajador, como lo entienden algunos empleadores, porque no se puede cambiar salud por dinero; esto significa que se deben extremar las medidas de control y aplicar métodos que permitan minimizar los riesgos, mediante programas de control en la fuente, en el medio y en el trabajador; en este último, desde la selección, capacitación, formación y adiestramiento para que el empleado posea elementos de actuación segura frente al peligro.

17.19.1. Tipos de trabajo de alto riesgo

Los trabajos considerados de alto riesgo son:

17.19.1.1. Trabajos en espacios confinados

son sitios con restricción de entrada y salida, que no están diseñados para ser ocupados por personas de manera permanente, pero que permiten que un trabajador pueda entrar de cuerpo entero en su interior y desempeñar una tarea asignada. El riesgo para el trabajador se incrementa por la posibilidad de tener atmósferas enriquecidas o pobres de oxígeno, nocivas o tóxicas y explosivas.

Por lo tanto, es importante realizar un monitoreo estricto y bajo los estándares dados por un procedimiento de trabajo seguro.

Al hablar de un sistema de gestión de riesgos aplicado a las labores en espacios confinados, se hace referencia al análisis e identificación de las características de los espacios laborales confinados y los riesgos relacionados al trabajar en dicho espacio y que puedan ocurrir a los trabajadores que allí laboran; el análisis contempla la valoración de los espacios confinados y el control de los riesgos para minimizar los efectos al entrar en contacto con ellos.

El análisis incluye los siguientes puntos:

1. Identificación de los peligros.
2. Estimación o evaluación de los riesgos correspondientes.
3. Control.
4. Comprobación o verificación.

17.19.1.1.1. Factores de riesgo para áreas confinadas

TIPO DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	CONSECUENCIAS	MÉTODO DE CONTROL
Explosión	Acumulación de gases y/o vapores dentro de los rangos de inflamabilidad superior e inferior.	Explosión ante una fuente de ignición capaz de generar el calor necesario.	Realizar mediciones de los niveles de oxígeno con un Oxímetro; de los niveles de toxicidad, mediante métodos de lectura directa; y de los niveles de inflamabilidad con un explosímetro. Solo ingresar equipos que sean a prueba de explosión (seguridad intrínseca).
Químico	Acumulación de gases, vapores, material particulado, por encima de los valores límites permisibles.	De acuerdo a la sustancia: irritación de vías respiratorias, alergias, somnolencia, pérdida del equilibrio, muerte.	Dotar con un sistema de monitoreo personal permanente a los trabajadores (si es necesario). Dependiendo de los resultados anteriores establecer alguno de los sistemas de control que a continuación se aconsejan, o una combinación de los mismos:
Químico	Deficiencia de oxígeno: por debajo de 19,5%.	Mareo, malestar, confusión, inconsciencia, muerte. Hipoxia.	Establecer un sistema de ventilación de suministro de aire forzado, que garantice una atmósfera segura desde el punto de vista de inflamabilidad, toxicidad y niveles de oxígeno.
Químico	Exceso de oxígeno: por encima de 23,5%.	Mareo, malestar, confusión, inconsciencia, hiperoxia. Mejora las condiciones de explosividad.	Suministrar y supervisar el correcto uso y mantenimiento de elementos de protección respiratoria, el cual debe ser certificado y específico para cada caso. El EPP únicamente cuando el O ₂ se encuentra entre 19,5% y 23,5% y el contaminante es de baja concentración y baja toxicidad, sin peligro de atmósferas explosivas; en caso contrario, o si se desconoce la concentración o toxicidad se debe contar con un sistema independiente del medio ambiente como una línea de aire o un equipo autocontenido, así como personal entrenado y calificado.
Físico	Aplicar T.L.V de estrés térmico de la A.C.G.I.H	Estrés térmico, colapso circulatorio, muerte.	Realizar mediciones de temperatura y de acuerdo a resultados, establecer sistemas de ventilación y/o enfriamiento del aire. Limitar la exposición dentro de los rangos de los valores límites permisibles.
Mecánicos	Trabajos en altura o ambientes de difícil acceso o movimiento.	Caidas de distinto nivel, golpes, traumas.	Procedimientos de trabajo con sistemas de prevención y protección frente al riesgo y EPP (Equipo de Protección Personal) adecuados.
Eléctricos	Es un riesgo que obedece a la naturaleza de la labor que se realice.	Electrocución. Fuente de ignición para explosión o incendio.	Puestas a tierra en los equipos. Uso de equipos antichispa.

Ilustración 17.19.1.1.1. Riesgos para áreas confinadas

17.19.1.1.2. Valoración del riesgo para los trabajos en espacios confinados

La identificación de los espacios confinados debe hacerse a través de una inspección orientada hacia este fin.

Una vez se han identificado los espacios confinados, se deberán establecer procedimientos o permisos de trabajo para la realización de labores dentro de los mismos.

Los instrumentos utilizados para la medición son detectores de gases nocivos, provistos de sensores de acuerdo con los gases que se espera encontrar, indicadores de oxígeno, termómetros, explosímetro. Los instrumentos deben estar provistos de la respectiva sonda a efecto de poder medir estos valores antes del ingreso del trabajador.

Se debe medir ubicando la captación del instrumento de acuerdo con la densidad relativa de los contaminantes en todas las áreas del espacio confinado. Elementos pesados se deben buscar cerca del piso, los más livianos que el aire cerca del techo, teniendo en cuenta que, si están calientes, son menos densos.

Los resultados de las mediciones deben contrastarse con los valores límites permisibles para cada caso.

17.19.1.1.2.1. Espacios confinados

El ingreso sólo se podrá autorizar cuando existan condiciones que garanticen el bienestar del trabajador y de las instalaciones de acuerdo con las normas técnicas y legales.

Es conveniente inventariar los espacios confinados existentes de acuerdo con la siguiente clasificación:

Clase A: corresponde a aquellos donde existe un inminente peligro para la vida, generalmente riesgos atmosféricos (gases inflamables o tóxicos, deficiencia o enriquecimiento de oxígeno).

Clase B: en esta clase los peligros potenciales dentro del espacio confinado pueden ser de lesiones y enfermedades que no comprometen la vida y la salud y pueden controlarse mediante los elementos de protección personal. Por ejemplo, se clasifican como espacios confinados clase B aquellos cuyo contenido de oxígeno, gases inflamables o tóxicos y su carga térmica están dentro de los límites permisibles. Además, el riesgo de derrumbe, de existir, fue controlado o eliminado.

Clase C: esta clase corresponde a los espacios confinados donde las situaciones de peligro no exigen modificaciones especiales a los procedimientos normales de trabajo o el uso de EPP adicionales. Por ejemplo, tanques nuevos y limpios, fosos abiertos al aire libre, cañerías nuevas y limpias, etc.

Dentro de la evaluación es necesario determinar los riesgos eléctricos y mecánicos que puedan presentarse; para esto se contará con el apoyo de personal idóneo con el fin de determinar:

1. Características de los equipos y herramientas que vayan a ingresar dentro del espacio confinado.
2. Tipo y características de los elementos de protección personal a utilizar.
3. Equipos para suministro y succión de aire.
4. Equipos de rescate.

Controles para el riesgo de trabajos en espacios confinados

- Capacitación: tanto el personal directamente involucrado en la realización de la tarea, como todo aquel que intervenga directa o indirectamente, debe ser objeto de una capacitación para asegurar que tienen las competencias requeridas para la labor a realizar. Igualmente, aquellos que deben asumir la responsabilidad legal (penal, civil y laboral), para autorizar los permisos de capacitación, cumplimiento de especificaciones técnicas para las compras, inspecciones planeadas, etc. Los contenidos de la capacitación deben garantizar el conocimiento y desarrollo de destrezas y habilidades para identificar riesgos y tomar las medidas de control necesarias para desarrollar tareas de alto riesgo. El reentrenamiento, que puede ser de menor intensidad, se recomienda que como mínimo sea anual.

- Balizamiento, bloqueo y tarjetas: cuando se adelantan tareas de alto riesgo conviene hacer, siempre que aplique, un cerramiento del área y la debida señalización para advertir sobre el trabajo que se está realizando. Es imperativo aislar y bloquear todas las fuentes de energía, colocar candados que impidan el accionamiento accidental y poner en los controles tarjetas personalizadas con foto, fecha, hora y responsable, para describir el trabajo que se adelanta, el ejecutante conserva en su poder las llaves de los bloqueos.
- Control de energía almacenada: corresponde este apartado a la necesidad de verificar que el nivel de energía sea cero, en razón a que algunos elementos cuentan con la capacidad de almacenar energía tales como resortes, volantes de inercia, condensadores eléctricos, energía potencial, baterías, arranque automático de equipos como plantas eléctricas o generadores, programas de ciclo completo de algunos equipos, arranques o continuidad del ciclo al restituir la energía, etc.

Es muy importante que se analicen en conjunto con todas las áreas que intervienen, los riesgos que una tarea le puede generar a otra cuando comparten espacio y coinciden en el tiempo. Es imperativo hacer una reunión preoperacional de seguridad con todos los contratistas que participan en una obra, para identificar operaciones concurrentes e incompatibles, como, por ejemplo, pintura con solvente y soldadura eléctrica.

- Monitoreo de la atmósfera dentro del espacio confinado: se realizará de acuerdo con el ítem de valoración y se repetirán las mediciones periódicamente durante la jornada. Se recomienda disponer de detectores personales que mediante una alarma indiquen la presencia de una atmósfera peligrosa a fin de proceder a la evacuación.
- Sistemas de inyección y extracción de aire: de acuerdo con los resultados de las mediciones de atmósferas nocivas y/o inflamables y de no ser suficiente la ventilación natural, se requerirá la instalación de un sistema de extracción e inyección de aire que garantice la calidad del aire durante el trabajo. El procedimiento de trabajo ubicará al trabajador de manera conveniente de acuerdo a la ventilación para alejar de sus vías respiratorias, los tóxicos.
- Equipos a prueba de explosión: es importante que los equipos y las herramientas utilizadas y sistemas de iluminación sean a prueba de explosión dentro del espacio confinado. Dependiendo del caso puede ser necesario que la herramienta utilizada no genere chispas al ser golpeada. Se ampliará en el apartado de "Áreas clasificadas".
- Plan de emergencia: se debe contar con un plan de emergencias para atender cualquier condición no programada que se presente, ventilación forzada de emergencia, control de incendios, rescate de las víctimas, primeros auxilios, traslado a centros asistenciales, entre otros (Permiso de trabajo en espacios confinados: se debe diseñar un permiso de trabajo y este deberá ser diligenciado tanto por la persona responsable del trabajo, quien autoriza el permiso y por las personas que ingresarán al espacio confinado. Es importante aclarar que el permiso se debe llenar en el sitio de trabajo, con la verificación personal de quienes firman.
- Elementos de protección personal y equipos de seguridad: los procedimientos de protección personal son una medida necesaria para los trabajos en espacios confinados.

17.19.1.1.2.2. Elementos de protección personal y equipos de seguridad en espacios confinados

ELEMENTO DE PROTECCIÓN PERSONAL O EQUIPO	JUSTIFICACIÓN
Equipo para determinar si la atmósfera es explosiva (con seguridad intrínseca).	Para determinar si la atmósfera es segura para autorizar la entrada de los trabajadores al espacio confinado: Los niveles de oxígeno recomendados están entre 19,5 y 23,5%. El nivel de inflamabilidad de la atmósfera debe ser menor que el 10% del límite inferior de inflamabilidad LEL, tomando la muestra permanentemente donde va a ubicarse la fuente de ignición y donde se espera que se ubique el gas inflamable.
Sistema de medición de toxicidad de la atmósfera (con seguridad intrínseca).	Los niveles de toxicidad deben ajustarse a la dosis vs. los valores límites permisibles. Los niveles anteriores deben ser medidos en la parte superior, media e inferior del espacio confinado.
Sistema de ventilación.	Garantizar una entrada y salida de aire, que permitan renovar la atmósfera, para que el ítem anterior se cumpla.
Equipo de línea de aire – Full Face. Autocontenido. Respirador con cartucho químico.	Para garantizar el suministro de aire puro, dentro de una atmósfera cuyo nivel de toxicidad y oxígeno no pudo controlarse. Pero siempre debe ser una atmósfera "NO explosiva". El autocontenido debe tener aire tipo D y el personal entrenado. El respirador con cartucho químico se puede utilizar cuando se garantiza que el contaminante es de baja toxicidad, baja contaminación y no representa una amenaza inminente para la vida y la salud y se cuenta con oxígeno suficiente.
Sistema de sujeción: arnés, cuerda, mosquetones, jumar, trípode. El sistema debe permitir la evacuación rápida del trabajador por otro compañero desde afuera, mediante un sistema mecánico.	En caso de sufrir mareo, desmayo, golpes, etc., el centinela que se encuentra afuera observando la labor, debe activar un sistema de rescate que saque al trabajador del lugar confinado.
Procedimiento para evacuar a un trabajador de un espacio confinado a nivel del piso (manhole inferior).	En caso de sufrir mareo, desmayo, golpes, etc., el vigía no debe ingresar a hacer el rescate.
Overol con cremalleras plásticas, herramienta y accesorios antichispas.	En espacios con potencial explosivo.
Sistema de iluminación con seguridad intrínseca y tensión de seguridad (ver Capítulo 1 Riesgo eléctrico).	En caso de necesitar iluminación artificial dentro de una atmósfera con potencial explosivo.
Los elementos de protección personal deben estar acordes con la labor a realizar y las características de las sustancias. En general deben ser: overol, arnes con argollas en los hombros, casco, botas, guantes, gafas, careta facial, E.P.P. auditiva, sensor de quietud con alarma luminosa y acústica.	Proteger la integridad del trabajador dentro del espacio confinado.
Alarma de quietud	La alarma de quietud se la coloca el trabajador y se activa con señal vibratoria, sonora y luminosa cuando la persona se queda quieta por 40 segundos.

Ilustración 17.19.1.1.2.2.1. EPP

Una vez autorizada la ejecución de un trabajo en espacio confinado, se deberán establecer los pasos a seguir para ingresar al mismo:

1. Identificar con precisión el espacio confinado.
2. Establecer las áreas que se vean afectadas al inhabilitar la función del espacio confinado e informar a dichas áreas sobre la fecha y tiempo de ejecución de la labor en el espacio confinado, a fin de obtener los permisos administrativos para el trabajo.
3. Determinar la clase de trabajo a realizar.
4. Analizar las características del espacio confinado en cuanto a acceso y calidad de la atmósfera (contaminantes, sustancias explosivas, niveles de oxígeno).
5. Conformar el equipo de trabajo (previamente entrenado), acorde con las características del espacio confinado y el trabajo en sí.
6. Determinar las características de los equipos de monitoreo, verificar calibración.
7. Determinar las características de los equipos, máquinas y herramientas que se

van a utilizar.

8. Determinar elementos de protección personal.

9. Diligenciar el formato de permiso para trabajar dentro de un espacio confinado y obtener su aprobación

17.19.1.1.3. Realización del trabajo

Durante todo el tiempo de trabajo en el espacio confinado, se debe velar porque las condiciones bajo las cuales se autorizó su ejecución se mantengan; para ello es necesario tener en cuenta las funciones de los involucrados.

17.19.1.1.3.1. Funciones del centinela:

1. Conocer claramente los riesgos escritos en el permiso de trabajo y la forma de control establecido.
 2. Ser capaz de reconocer dichos riesgos, dentro de la ejecución de la labor.
 3. El centinela debe mantener contacto visual o auditivo permanente con el trabajador que ingresa al espacio confinado.
 4. Llevará un sistema de registro de la forma en que se desarrolla la labor en el espacio confinado y monitoreará las condiciones al interior, pero desde afuera.
 5. Dentro de las funciones indispensables del centinela, está la de definir la peligrosidad de un riesgo y dar la orden de una evacuación, en caso de ser necesario.
 6. Estar en capacidad de atender una emergencia y contar con los recursos necesarios.
- Funciones del personal entrante:
1. Verificar y firmar el permiso del trabajo.
 2. Identificar los riesgos y su control.
 3. Verificar las condiciones de operación y evaluar las condiciones monitorizadas de los riesgos presentes.
 4. Conocer el uso adecuado de los equipos de protección personal y rescate.
 5. Ejecutar la labor en forma estricta, acorde como se encuentre en los procedimientos.

17.19.1.1.3.2. Funciones del supervisor

El supervisor debe constatar que las condiciones establecidas en el permiso de trabajo son ciertas; debe, además, supervisar permanentemente que los parámetros bajo los cuales se otorgó el permiso no cambien y en caso de ser necesario suspender la labor y ordenar el retiro de todo el personal de considerarlo pertinente. De igual manera, como lo hace el centinela, podrá ordenar la operación de rescate si lo considera necesario. Cuando se requiera, el operario entrante deberá estar equipado con un arnés de seguridad unido a un cabo salvavidas, constantemente vigilado por su centinela; este sistema permitirá, en caso de emergencia, sacar rápidamente a la víctima; debe existir un medio de comunicación intrínsecamente segura entre el operario del interior del espacio confinado y el exterior; en los casos de alto riesgo es estrictamente necesario, ya que podría ocurrir que el individuo empiece a sentirse indispuesto repentinamente y no pueda solicitar ayuda.

Las personas que permanezcan en el exterior vigilando los trabajos, deberán estar entrenadas en las técnicas de rescate de accidentados, primeros auxilios y reanimación cardiopulmonar y disponer de los equipos necesarios.

Deberá disponerse de aparatos de suministro de aire o autónomos, para que puedan ser utilizados de inmediato por los socorristas, estos equipos se mantendrán siempre en buenas condiciones y disponibles para su uso.

El operario que esté trabajando en el interior deberá ser rescatado tan pronto como se observe el menor signo de indisposición; se quitarán los vestidos contaminados y se comenzará inmediatamente a practicar los primeros auxilios, incluso las técnicas de resucitación cuando fueran precisas; todo ello siempre por personal calificado hasta la llegada del médico o traslado a un centro de atención inmediata para el tratamiento adecuado. Si todo marcha bien, se realiza el trabajo bajo los parámetros dados y una

vez finalizado, se informa a las áreas de influencia sobre la puesta en marcha nuevamente del espacio confinado.

17.19.1.1.4. Finalización del trabajo

Debe registrarse la finalización del trabajo diario, especificando:

1. Culminación total o parcial y si se requiere diligenciar otro permiso de trabajo.
2. Destino de los equipos, aparatos, materias primas y herramientas utilizadas y descripción del estado en que quedaron.
3. Informar sobre cualquier cambio que se haya generado con el trabajo.
4. Establecer si se pueden o no continuar con las operaciones normales.
5. Observaciones generales

17.19.1.2. Trabajos en alturas

es todo trabajo que se realiza en general, a más de 1.5 ó más metros de altura sobre un nivel donde caería el trabajador, puede ser a un foso, y en lugares donde no existen plataformas permanentes protegidas en todos sus lados con barandas y retenciones. El trabajo en alturas representa uno de los mayores riesgos en la industria y el comercio, debido a que sus consecuencias casi siempre son graves o fatales; por tal motivo, es necesario que las empresas cuenten con un programa para trabajo seguro en altura, el cual incluya las medidas de prevención y protección requeridas para hacer el trabajo con seguridad.

17.19.1.2.1. Riesgos presentes en el trabajo en altura

El principal riesgo al realizar una labor en altura es, por supuesto, la caída, la cual puede presentarse por alguna de estas causas:

1. Anclarse a un punto o estructura cuyo diseño no ha sido proyectado para resistir la caída.
2. Utilizar elementos de protección contra caídas y aditamentos que no cumplen con normas establecidas en cuanto a diseño y resistencia.
3. No llevar hojas de vida de los elementos y equipos de protección contra caídas, de tal forma que no hay un seguimiento de cada elemento o equipo en particular para poder determinar su mantenimiento o reemplazo.
4. Realizar trabajo en altura sin tener la capacitación, entrenamiento y autorización requerida.
5. Realizar el trabajo en altura utilizando elementos y equipos de protección contra caídas en mal estado.
6. No seguir los procedimientos seguros establecidos para el trabajo.
7. Realizar el trabajo en altura bajo el efecto de medicamentos que puedan afectar el normal funcionamiento del organismo.
8. Realizar trabajo en altura cuando el trabajador tenga alteraciones de salud, esté trasnochado, etc.
9. No utilizar los sistemas de protección colectiva requeridos.

17.19.1.2.1.1. Controles del riesgo para el trabajo en altura

Los controles para realizar trabajo en altura están encaminados a las medidas preventivas y a las medidas de protección. Las medidas preventivas son aquellas que evitan que el trabajador se caiga dentro del trabajo normal como es por ejemplo una baranda; las medidas de protección son las que detienen al trabajador una vez éste se ha caído como es el caso de una red, un arnés y su sistema de anclaje, etc.

17.19.1.2.1.2. Medidas de prevención contra caídas

Son aquellos sistemas normalmente colectivos que impiden que el trabajador esté en contacto con el riesgo; sirven también para advertir al trabajador del peligro de caída.

El área de trabajo en altura debe estar delimitada para prevenir el acercamiento de personas al lugar del riesgo, se debe controlar el acceso mediante puertas, cuerdas, cables, vallas, bandas, cadenas, reatas, conos, balizas, banderas y otros que sean visibles de día y de noche, de acuerdo a la necesidad. Se señalizará con símbolos y letreros a una distancia mínima de 2 metros entre avisos en el plano horizontal, a una altura de fácil visualización y cumpliendo la reglamentación nacional correspondiente. Las barandas que soportan la carga del trabajador y evitan que quepa su cuerpo entre los apoyos horizontales y verticales, deben rodear todo el borde con riesgo de caída. La altura del pasamanos entre 1 y 1,2 metros, resistencia de empuje horizontal en el pasamanos de 90,8 kg, espacios horizontales entre ejes menores a 40 centímetros y rodapié o soporte horizontal inferior de una altura entre 15 y 20 centímetros para evitar que caigan objetos o se resbale el pie del trabajador. Los huecos en los pisos por donde transitan personas deben cubrirse de manera estable, con un elemento que resista dos veces el peso de la carga más pesada que circule por ese lugar. Finalmente, el desarrollo del programa de protección contra caídas consiste en documentar la planeación, organización, ejecución y evaluación de las actividades que involucren dicho riesgo.

17.19.1.2.2. Elementos de protección contra caídas

Todos los elementos deben estar certificados por una entidad competente acompañados de un catálogo ilustrativo en castellano, con las especificaciones técnicas y normativa que certifica que cumple; los elementos de protección personal se deben marcar con un código que identifique cada uno para que ingrese al sistema de control de inspecciones, dentro del programa de revisiones periódicas. A cada elemento se le debe llevar una hoja de vida para registrar las características, condiciones de uso, mantenimiento, fechas de interés, el responsable, las inspecciones anuales, inspecciones después de un accidente, entre otros datos de interés.

En el caso de que un sistema haya sufrido el impacto de una caída, deberá ser retirado inmediatamente de servicio y no será utilizado a menos que sea inspeccionado y evaluado por una persona competente o calificada para determinar si debe retirarse de servicio o puede ser puesto en operación.

Casco: para el trabajo en alturas, el casco protector debe responder a las necesidades del riesgo; debe ser un casco ligero, bien aireado y confortable. Su diseño debe proteger de manera completa la cabeza en su parte frontal, temporal, occipital y parietal.

Debe tener barbuquejo con mínimo tres puntos de anclaje al casco, para asegurar la estabilidad del casco en la cabeza y fijarlo de modo que, en caso de una caída, éste permanezca sin moverse y así poder cumplir su finalidad de proteger del impacto.

Entre sus características más importantes están:

1. Peso: no mayor a 320 g.
2. Deseable material dieléctrico tipo B, si existe este riesgo.
3. Barbuquejo de seguridad asegurado a 3 ó 4 puntos del casco.
4. Canales de ventilación, deseables.
5. Sistema ajuste al diámetro de la cabeza tipo ratchet

17.19.1.2.2.1. Sistemas de restricción de caídas:

Usar eslingas o cualquier otro sistema cuya longitud no permite que el trabajador alcance el potencial borde peligroso, donde se pudiera presentar una caída, es decir, la cuerda limita el desplazamiento del trabajador para que no llegue al borde del que podría caer (gráfico 6.1), el elemento que está en contacto con el trabajador puede ser un cinturón de liniero. La resistencia requerida para estos puntos de anclaje es de 1340 kg (3000 libras o 13,2 kN), los conectores seguirán siendo de 2271 kg.

17.19.1.3. Trabajos en caliente

Resulta de una labor que pueda generar calor y chispas, como la producida en equipos de soldadura, oxicorte, pulidoras y esmeriles, entre otros, las cuales tienen la capacidad de convertirse en una fuente potencial de ignición para el material combustible en el local donde se realice la tarea o en sus alrededores. El trabajo en caliente representa riesgos de quemaduras por la manipulación de los equipos y por efectos de incendio y explosión, por lo cual es necesario que se establezcan protocolos de seguridad donde se apliquen procedimientos seguros estrictos para la labor. Es necesario el monitoreo de: oxígeno, agentes tóxicos o nocivos e inflamabilidad y se deberá evaluar también la compatibilidad de la actividad con otras tareas simultáneas en el área.

17.19.1.3.1. Efectos del riesgo trabajo en caliente

El riesgo, al realizar trabajo en caliente, se relaciona con quemaduras y explosión, siendo estas últimas, por supuesto, las más graves ya que pueden provocar la muerte. Las quemaduras se pueden presentar por la manipulación del equipo que genera la llama o la chispa o por la explosión ocasionada por la aplicación de la llama o la chispa en una atmósfera explosiva. La atmósfera explosiva puede presentarse por las condiciones del lugar como es el caso de un espacio confinado, pero es factible que ésta sea producida por el equipo mismo que se utiliza para trabajo en caliente, como es el caso de un equipo de soldadura de oxiacetileno cuando presenta fuga de acetileno. Otro factor es la realización de actividades que son incompatibles simultáneamente, como puede ser la apertura mediante la aplicación de llama con un equipo de oxiacetileno de una caneca vacía pero que contuvo un líquido inflamable, generará una explosión.

La soldadura de tanques de almacenamiento de petróleo u otros combustibles requiere de procedimientos especiales para hacerlo con seguridad o de lo contrario, se generará una explosión.

Como se puede ver los efectos del trabajo en caliente asociado a atmósferas explosivas exige que dichas labores se realicen bajo estrictas medidas de seguridad.

Valoración del riesgo para trabajo en caliente. Para valorar las condiciones al momento de realizar trabajo en caliente, se requiere de una planificación adecuada del trabajo y de las demás tareas que se vayan a realizar en el área a fin que estos sean compatibles. Es necesario realizar una valoración similar a la de los espacios confinados, midiendo el nivel de oxígeno, toxicidad y explosividad, esta valoración se hará con una periodicidad de acuerdo con el trabajo que se está realizando; por ejemplo, para el caso de soldadura en tanques de almacenamiento de inflamables o combustibles, es necesario que el monitoreo sea permanente

17.19.1.3.2. Controles del riesgo para trabajo en caliente

No se recomienda que sea el encargado de higiene y seguridad quien emita dichos permisos de trabajo en caliente, se considera como un asesor, pero no es el responsable de la tarea.

El trabajo en caliente requiere de monitoreo continuo de oxígeno, gases tóxicos e inflamables. Todo permiso de trabajo en caliente, requiere prueba inicial y de monitoreo continuo de gases (inflamables, tóxicos y deficiencia o exceso de oxígeno) durante la ejecución del mismo.

El emisor, antes de otorgar el permiso para trabajar en caliente, inspecciona el área preferiblemente con el supervisor encargado de la obra (receptor), así toma las acciones operacionales necesarias para que el trabajo se ejecute en forma segura. Es muy importante llamar la atención de las fronteras entre trabajos en caliente con los

alrededores, en especial durante paradas de procesos, donde intervienen operarios de varios contratistas, cada uno con sus procedimientos y permisos autorizados, pero comparten el lugar de trabajo y los riesgos. Se puede presentar vecindad de procesos incompatibles.

El emisor completa todo lo relacionado a fecha y hora de emisión, validez, administradora de riesgos, procedimiento operacional relacionado con el trabajo, instalación, equipo, sitio y una breve descripción del trabajo a ejecutar.

El emisor verifica si el trabajo a ejecutar tiene relación con algunas de las prácticas de trabajo seguro establecidas. Igualmente identifica los riesgos que estén relacionados con la actividad o trabajo, considerando las medidas de protección.

En conjunto, el receptor y todos los ejecutores establecen las medidas preventivas preoperacionales para el desarrollo del trabajo de una manera segura.

El emisor efectúa el monitoreo inicial de gases o vapores inflamables y/o gases tóxicos o deficiencia de oxígeno, dependiendo del área donde se ejecutará el trabajo.

El emisor, receptor y ejecutor proceden a firmar el permiso en señal de aceptación de que las condiciones de seguridad para ejecutar el trabajo están establecidas y que se ha instruido a los trabajadores de los riesgos inherentes al mismo. Es importante que los trabajadores participen en la elaboración del permiso y lo firmen.

Entre las normas generales, se tiene:

«El trabajo en caliente debe evitarse, si existe la manera de hacerlo en frío, es decir, sin generación de puntos calientes.

En áreas con riesgo de H₂S u otras atmósferas tóxicas, podrá expedirse el permiso de trabajo en frío o en caliente, siempre que el emisor, receptor y el personal involucrado hayan recibido el adiestramiento y la certificación requerida para trabajar en estas áreas.

Todo trabajo (en frío o en caliente) que vaya a ser realizado en las áreas, equipos e instalaciones de trabajo en organización, deberá ser validado en el espacio de firma adicional del permiso de trabajo por el custodio o autoridad de área de la instalación.

Los permisos de trabajo en frío o caliente serán emitidos para trabajos específicos; no se emitirán permisos de trabajo de alcance general.

Se requiere, en la emisión del permiso de trabajo en frío o caliente, indicar la autorización para el uso de vehículos, grúas, máquinas de soldar eléctricas, camiones de vacío y motores de combustión interna (diesel o gasolina) dentro de áreas restringidas.

17.19.1.3.3. Requisitos para el trabajo en caliente

1. Los roles y responsabilidades del personal involucrado en la tarea deben estar identificados en el procedimiento.
2. Las personas involucradas deben estar capacitadas y certificada su competencia.
3. Durante el proceso de planeación y programación del trabajo identificar si esta actividad interfiere con otros trabajos.
4. Los trabajos en caliente deben tener una evaluación de riesgos. Si no la tienen, no se debe ejecutar el trabajo.
5. Para realizar la tarea se requiere de un permiso de trabajo.
6. Cuando este tipo de trabajo se ejecute en espacios confinados, intervención de sistemas energizados y perturbaciones del suelo, se deberá obtener un certificado.
7. Todos los involucrados deben estar informados de la tarea y firmar el permiso de trabajo y los certificados.
8. Esta tarea tendrá una persona responsable que deberá supervisar el trabajo en curso. Soldadura y oxicorte: cortar y soldar son actividades muy comunes en estructuras de metal e instalaciones.

Los principales peligros de soldar y cortar son:

1. Alta temperatura
2. Emisión, directa e indirecta, de vapores tóxicos.
3. Radiación térmica.
4. Deficiencia de oxígeno en espacios confinados.
5. Enriquecimiento del oxígeno en espacios confinados.
6. Explosión.

A manera de ejemplo es conveniente hacerse las siguientes preguntas:

- ¿Están los soldadores calificados?
- ¿Se requieren pruebas de atmósfera peligrosa?
- ¿Se encuentran en buen estado de funcionamiento los equipos a utilizar?
- ¿Hay material combustible que se pueda incendiar con chispas, llamas o virutas calientes en el área de influencia del trabajo?
- ¿Si la respuesta anterior es afirmativa, se instaló una barrera o mampara?
- ¿Existe adecuada ventilación durante la operación?
- ¿Se están respetando las normas sobre manejo de cilindros de gases comprimidos?
- ¿Tienen las mangueras de oxígeno y de gas combustible una válvula de cheque para evitar el retorno?
- ¿Tiene la línea de gas combustible un arresta llamas en el regulador?
- ¿Han recibido entrenamiento los soldadores y los ayudantes en los riesgos presentes en el área de trabajo?
- ¿Están disponibles los equipos de primeros auxilios y extintores de conatos de incendio en el área de trabajo?
- ¿Se están utilizando los elementos de protección personal apropiados, tanto los soldadores como los ayudantes?

17.19.1.4. Trabajos en áreas clasificada

Es el riesgo existente por la utilización de elementos que pueden producir calor, chispas, fricción, llamas abiertas, reacciones químicas y físicas dentro o en la proximidad de ambientes explosivos.

El tipo de riesgos en áreas clasificadas se generan por la utilización de elementos que puedan producir energías activantes, como calor, chispas, fricción, llamas abiertas, reacciones físicas y químicas, dentro o en proximidad de ambientes inflamables o explosivos, de ahí que sus causas básicas son:

1. Falta de clasificación de las áreas.
2. Permitir el uso de máquinas, equipos, herramientas y procedimientos que puedan generar energía activante.
3. Presencia de materiales o sustancias que puedan ocasionar reacciones físicas o químicas.

El principal riesgo en un área clasificada es el de explosión, existiendo también los efectos nocivos y tóxicos por los productos o sustancias que hacen que el lugar sea determinado como un área clasificada.

La valoración de los riesgos en las áreas clasificadas se hace mediante una clasificación adecuada de acuerdo con la Clase, División y Zona con la que se relacione

Las áreas clasificadas se agrupan en Clase, División y Zona, según el tipo de riesgo que comportan según se documenta en la tabla.

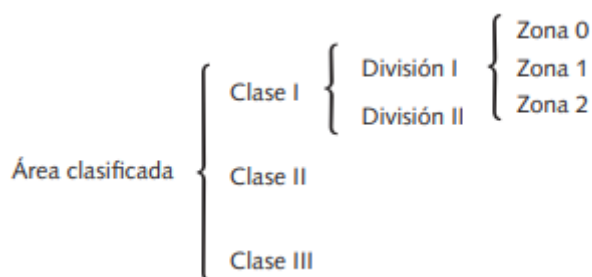


Ilustración 17.19.1.4.1. Clases y divisiones y zonas

La explicación que sigue a continuación sobre los diferentes tipos de áreas se basa en lo establecido en la norma NFPA 497 Clasificación de líquidos inflamables, gases, o vapores inflamables y de áreas peligrosas (clasificadas) para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico.

Áreas clase I: son áreas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables. Es decir, dentro de los límites inferior LEL y superior UEL de inflamabilidad, de acuerdo a la mezcla del elemento inflamable con el aire.

Áreas clase II: son áreas peligrosas debido a la presencia de polvos combustibles, tales como aserrín de madera, polvos de cereales, carbón, algunas harinas y féculas.

Áreas clase III: son áreas que son peligrosas por la presencia de fibras o partículas volátiles fácilmente inflamables, pero en las cuales es poco probable que dichas fibras o partículas estén suspendidas en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables.

Dentro de las áreas Clase I se reconocen dos divisiones:

Área clase I División I: es el área en la cual se cumple alguno de los siguientes requisitos:

1. Pueden existir continuamente bajo condiciones normales de operación, concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables.
2. Existen frecuentemente concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables debidos a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
3. Pueden existir frecuentemente concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables debido a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
4. Una interrupción o una falla en la operación de los equipos o del proceso que pueda provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, y simultáneamente, provocar también la falla del equipo eléctrico

Área clase I División II: son lugares en donde se manejan, procesan o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, que están normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar en caso de ruptura o avería accidental de los recipientes o sistemas, o en caso del funcionamiento anormal de los equipos por medio de los cuales se manejan dichos líquidos, gases o vapores.

Una adecuada ventilación de presión positiva impide normalmente la concentración de gases o vapores inflamables, pero que pueden convertirse en peligrosos por falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación.

Están contiguos a los de Clase I, División I, a los cuales puedan llegar ocasionalmente concentraciones de gases o vapores inflamables, a menos que pueda evitarse tal comunicación por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio y se provean dispositivos seguros para evitar las fallas del sistema de ventilación.

Dentro de la clase I División I, también existen Zonas 0, 1 y 2:

1. Zona 0. Es un lugar donde:

- a. Están presentes continuamente concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables.
- b. Las concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables están presentes por largos periodos de tiempo.

2. Zona 1. Es un lugar en el cual:

- Las concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables se encuentran probablemente bajo condiciones normales de operación.
- Las concentraciones de gases o vapores inflamables pueden existir frecuentemente debido a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
- Una interrupción o falla en la operación de los equipos o del proceso que puedan provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico de tal modo que cause que el equipo se convierta en una fuente de incendio.
- Sea un área adyacente a un área Clase I, Zona 0 desde la cual concentraciones inflamables de vapores puedan ser comunicadas, a menos que la comunicación sea prevista de una adecuada ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio, y sea previstas de dispositivos seguros para evitar fallas del sistema de ventilación.

3. Zona 2. Es un lugar en el cual:

- Las concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables no ocurren en operación normal y si ocurren existen únicamente por cortos períodos de tiempo.
- Los líquidos volátiles inflamables, gases o vapores inflamables son manejados, procesados o usados, pero en los cuales, los líquidos, gases o vapores son normalmente confinados dentro de contenedores o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar en caso de una operación anormal del equipo en el cual son manejados los líquidos o gases.
- Las concentraciones inflamables de gases o vapores normalmente son prevenidos por ventilación mecánica positiva, pero la cual puede volverse peligrosa por falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación.
- Sea adyacente a un área Clase I, Zona 1 desde la cual, concentraciones inflamables de gases o vapores inflamables puedan ser comunicadas, a menos que la comunicación sea prevista de una adecuada ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio, y sean previstas de dispositivos seguros para evitar las fallas del sistema de ventilación.

Áreas no peligrosas

Son áreas en que la liberación de sustancias inflamables ocurre tan raramente en algunas operaciones, que no justifica considerarlas como áreas peligrosas.

De acuerdo a la inflamabilidad

Grupos de atmósferas peligrosas: para propósitos de prueba, aprobación y clasificación de áreas, se han agrupado varias mezclas (no enriquecidas con oxígeno), en base a sus características, con las siguientes designaciones.

Atmósferas grupos A, B, C y D que corresponden a lugares Clase I.

Atmósferas grupos E, F y G que corresponden a lugares Clase II.

Grupo A: atmósferas que contienen acetileno.

Grupo B: atmósferas tales como butadieno²³, óxido de propileno²⁴, o hidrógeno (o gases o vapores equivalentes en peligrosidad al hidrógeno).

Grupo C: atmósferas con contenidos tales como: ciclopropano, éter etílico o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

Grupo D: atmósferas con contenidos tales como: acetona, alcohol, amoníaco, benceno, benzol, butano, gasolina, hexano, petróleo nafta, gas natural, propano, vapores de barniz solvente o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

Grupos de atmósferas peligrosas en áreas Clase 1 Zonas 0, 1 y 2.

Grupo I: atmósferas que contienen una mezcla de gases predominando el metano, usualmente se encuentran en minas.

Grupo II: de acuerdo a la naturaleza del gas el Grupo II se subdivide:

- Grupo IIC: atmósferas que contengan acetileno, hidrógeno, o gases o vapores explosivos o inflamables, de peligrosidad equivalente.

b) Grupo IIB. Atmósferas que contengan acetaldehído, etileno, o gases o vapores explosivos o inflamables de peligrosidad equivalente.

c) Grupo IIA. Atmósferas que contengan acetona, amoníaco, alcohol etil, gasolina, metano, propano o gases o vapores inflamables o combustibles de peligrosidad equivalente

Controles del riesgo en áreas Clasificadas

Los equipos utilizados en áreas clasificadas deberán cumplir con requisitos de seguridad, así:

Equipo intrínsecamente seguro: es el que, en condiciones normales o anormales de operación, para las que ha sido aprobado, no libera energía eléctrica o térmica suficiente para inflamar cualquier mezcla adyacente (circuitos de corriente y voltajes bajos para control e instrumentación).

En el sistema de clasificación por Zonas, la designación para los tipos de protección de equipos intrínsecamente seguros es la siguiente:

“ia”- Son aparatos y sistemas eléctricos que contienen circuitos de seguridad intrínseca los cuales son incapaces de causar inflamación, con el apropiado factor de seguridad, de mantener la protección en caso de una falla o con dos fallas simultáneas.

Este equipo se permite usar en áreas Clase 1, Zona 0, aprobado y marcado como adecuado para dicha área.

“ib”: son aparatos y sistemas eléctricos que contienen circuitos de seguridad intrínseca los cuales son incapaces de causar inflamación, con el apropiado factor de seguridad, cuando se presentan una falla

17.20. Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos

De los diferentes sistemas de clasificación y etiquetado para productos químicos que se tienen en el mundo, se puede presentar el problema que una misma sustancia sea clasificada como tóxica y al mismo tiempo como no peligrosa para la salud dependiendo del país en donde se haya efectuado la clasificación; incluso, a nivel local pueden existir diversas regulaciones y criterios, que hacen que el etiquetado sea diferente para las mismas sustancias químicas creando inconsistencias de interpretación al momento de identificar una determinada etiqueta. Por lo anterior, la Organización de las Naciones Unidas, ofrece una posibilidad para etiquetar los productos químicos en una forma unificada en todo el mundo dentro de lo que se ha llamado Sistema Globalmente Armonizado. Uno de los principales propósitos del Sistema Global Armonizado, es clasificar y etiquetar los productos químicos de tal forma que se suministre una información relevante para el transportador, el consumidor, el trabajador, los grupos de emergencia y los grupos de protección ambiental.

Este sistema busca clasificar las sustancias de acuerdo con los peligros para la salud humana, peligros físicos y para el medio ambiente. Dentro de los elementos de comunicación de peligros se tienen en cuenta:

1. Clases y categorías de peligros.
2. Pictogramas de peligros.
3. Palabras de advertencia
4. Indicaciones de peligro y Consejos de prudencia.

En las etiquetas algunos de los cambios que se presentan están relacionados con los pictogramas



Ilustración 17.20.1. Pictogramas de peligro

Dentro del Sistema Global Armonizado se establecen dieciséis datos indispensables que deben contener las hojas de seguridad; estos son:

1. Identificación del producto.
2. Identificación del peligro o peligros.
3. Composición/información sobre los componentes.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental
7. Manipulación y almacenamiento.
8. Controles de exposición/protección personal.
9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Información toxicológica.
12. Información ecotoxicológica.
13. Información relativa a la eliminación de los productos.
14. Información relativa al transporte. 15. Información sobre la reglamentación.
16. Otras informaciones.

17.21. Equipos de protección personal

Los equipos de protección personal son un importante elemento para evitar lesiones en el trabajo, pero su beneficio dependerá sustancialmente de tener una clara visión sobre su necesidad de uso, de la correcta selección del equipo, de su mantenimiento y recambio oportuno, de la capacitación y la motivación inculcada al personal que lo utilizará y, especialmente, dependerá de haber agotado otras formas de control que proporcionen una protección más eficaz y menos incómoda para el trabajador.

Por tanto, el responsable deberá entender cuál es la protección real que ofrecen los equipos de protección personal para establecer las pautas que faciliten una selección adecuada de los equipos de conformidad con los peligros que deban controlar

17.21.1. Protección para la cabeza

Cascos de seguridad El casco está compuesto por un cuerpo hecho en policarbonato, polipropileno, polietileno de alto impacto o fibra de vidrio. En su interior tiene un tafiote o cinta que rodea el contorno de la cabeza, y un atalaje que se une en la cima mediante un cordón o una cinta con línea de costura débil cuya función es amortiguar un golpe, de modo que cuando se presente transmita la menor cantidad de energía cinética del impacto a la cabeza y el cuello.



Ilustración 17.21.1.1. Protección para cabeza

17.21.2. Protección facial



Ilustración 17.21.2.1. Protección facial

Caretas (yelmos) para soldadores de arco: son equipos diseñados para filtrar las radiaciones de soldadura eléctrica, ultravioleta e infrarroja, las cuales pueden afectar los ojos y la piel de los soldadores. El yelmo debe elegirse de acuerdo al trabajo que se vaya a ejecutar, ya que se encuentran en modelos con y sin babero, de filtro abatible o fijo, con atalaje para ajustar al casco, con protectores auditivos de copa, etc.

Caretas (pantallas) plásticas, para protección facial: su utilización es muy amplia, ya que se emplean para evitar salpicaduras de productos químicos, proyección de partículas, entre otras. En forma general, consisten en un cabezal convencional o sencillo, provisto de un visor de acetato, policarbonato u otros materiales de diversos calibres de acuerdo con la fuerza del impacto que se desee controlar. Se usan en labores de laboratorio, odontología y medicina.

17.21.3. Protección visual: gafas y monogafas

Se utilizan sobre todo en los trabajos que ofrecen riesgo de proyección de partículas que por sus características no agreden el rostro, pero sí los ojos por su mayor vulnerabilidad; asimismo, se usan cuando existe riesgo de radiaciones infrarrojas y ultravioleta, y en casos en que los tonos ayudan a resaltar contrastes cuando se realizan trabajos de precisión. Es necesario elegir modelos que tengan variedad de tallas y diseños que se ajusten al rostro del trabajador sin ocasionar molestias. Igualmente, en el caso de las monogafas, se debe comprobar que el sistema de ventilación sea eficiente para que no se empañen durante el trabajo.



Ilustración 17.6.21.3.1 Protección visual gafas



Ilustración 17.21.3.2 Protección visual monogafas

17.21.4. Protección auditiva

Son elementos para la protección personal del sistema auditivo, utilizados para reducir el nivel de presión sonora que percibe una persona expuesta a un ambiente ruidoso. En muchos ambientes ruidosos no resulta práctico, económico o factible reducir el ruido en máquinas, equipos y herramientas hasta un nivel aceptable para el oído humano, por lo cual se hace indispensable su empleo.

1. Protectores de copa (auriculares): consisten en dos copas circunvalares, unidas por una diadema que se ajusta a la cabeza. Las copas disponen de empaques de espuma para sellar el contorno de las orejas.
2. Tapones auditivos de silicona: estos tapones se fabrican en silicona y se colocan directamente sobre el pabellón auditivo de cada trabajador, ejerciendo el control del ruido en el pabellón auricular, con una pequeña inserción en el conducto del oído externo para disminuir la posibilidad de infecciones. Para su buen mantenimiento deben lavarse con jabón de tocador, secarse y colocar en su respectivo estuche. Es fundamental que quien los elabore sea una persona o entidad reconocida que ejerza un

grado de control alto, ya que el nivel de atenuación depende de la calidad de los tapones auditivos utilizados.

3. Tapones auditivos de espuma auto expandible: estos tapones se introducen en el conducto auditivo, donde deben mantenerse con presión del dedo hasta terminar su expansión. Son fabricados en espuma de goma y proporcionan un alto nivel de atenuación. No obstante, tienen cierta tendencia a salirse del canal auditivo por los movimientos de la mandíbula, al reír, conversar, etc. Igualmente, pueden arrastrar el cerumen e irritar el canal auditivo. Por la dificultad para asearlos, se deben utilizar como desechables.

4. Tapones auditivos de inserción de 2, 3 y 4 rebordes: estos tapones son premoldeados y se fabrican en varios tamaños normalizados. Por lo general, disponen de uno a cuatro rebordes de ajuste que se adaptan al conducto del oído externo.

5. Tapones auditivos semi-insertados: estos tapones son diseñados en un tamaño que se ajusta a la mayoría de los oídos. Para mantenerse presionados contra la apertura del canal auditivo disponen de una banda sujeta a la cabeza, manteniendo la presión del protector sobre la abertura del oído.

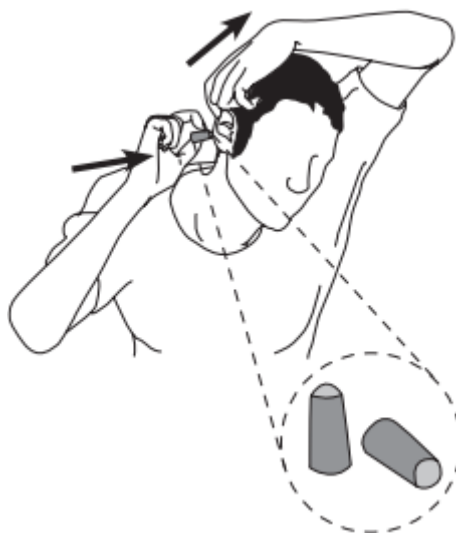


Ilustración 17.21.4.1. Tapones auditivos

17.21.5. Protectores respiratorios

Se apela a los equipos de protección respiratoria cuando no es posible mejorar las condiciones ambientales por ningún otro medio de la Higiene Industrial, y cuando el tiempo de exposición es tan corto que su uso se justifica económica y técnicamente.

Los equipos de protección respiratoria pueden ser muy incómodos, por eso se aconseja limitar su uso a jornadas de cuatro horas como máximo. El aspecto más importante es una capacitación suficiente, tanto al personal que lo utiliza como a sus supervisores y jefes, todos ellos deberán conocer las limitaciones del equipo a utilizar.

Es muy importante que se ofrezcan con tallas diversas y que pasen las pruebas de adaptación facial de vacío y presión ejercida durante la respiración; para estas pruebas se tapan las válvulas de entrada y salida respectivamente.



Ilustración 17.21.5.1. Protección respiratoria

17.21.6. Protectores corporales

17.21.6.1. Parciales

Este tipo de protección hace referencia al mandil (delantal) y a las polainas impermeables.

Esta protección debe proporcionarse para operaciones que impliquen la manipulación de sustancias químicas, zonas húmedas o de materiales biológicos patógenos.

Protegen de:

1. Sustancias químicas nocivas.
2. Humedad.
3. Agentes biológicos patógenos.

Trabajos que requieren su uso:

1. Laboratorios clínicos y patológicos.
2. Industrias químicas.
3. Dosificación de sustancias químicas.
4. Lavado de piezas o partes.

Chaquetón, mangas (cuando no se usa chaquetón), mandil (delantal) y polainas de carnaza: para una mejor protección, se recomienda que estas piezas hayan sido curtidas y tratadas, para una mayor resistencia a la combustión. Esta protección debe darse a soldadores de equipos de arco voltaico, oxiacetileno, MIG, TIG, etc. Deben contar con las siguientes características:

1. Su diseño debe permitir la movilidad del trabajador.
2. La talla debe ser la correspondiente al trabajador.
3. De color claro, para que reflecte las radiaciones.
4. Se puede elegir mandil de soldador largo (aproximadamente 1.1 m), de manera que sobrepase el borde superior de las polainas.
5. También se puede emplear casaca y pantalón.
6. Con polainas o escaarpines que impidan que las chispas caigan entre el pantalón y la bota.

17.21.7. Protección corporal integral

Incluye la capucha con visor, sacón o abrigo, pantalón, cubrebotas, guante largo (aproximadamente 14") escaarpines y polainas.

Se debe fabricar en material textil resistente al fuego, como rayón aluminizado y debe componerse de pantalón, abrigo o sacón, capucha con visor, cubrebotas y guante de 14" de largo con palma reforzada. Protegen de:

1. Calor radiante.

2. Fuego (aproximación).

Protección integral para trabajos con plaguicidas: overoles completos, chaquetón, pantalón, botas mediacaña, capucha, guantes. Deben estar elaborados en materiales impermeables, resistentes a los solventes que se utilicen y flexibles, que cubran la totalidad

del cuerpo, protegiéndolo del contacto con los plaguicidas. Es necesario que disponga de orificios de ventilación y la unión de las piezas se haga por termosellado y no por costuras, pues estas últimas dejan perforaciones por donde pueden ingresar los plaguicidas. Protegen de:

1. Plaguicidas en aspersión.

2. Agua de riego.

Como protección integral también se considera aquella que protege el cuerpo en su totalidad, sin especificar partes como: ropa de señalización en el tránsito, protección en alturas, etc.

17.21.8. Protección de manos

Guantes

Quizá no haya otro elemento de protección que pueda ser tan variado como los guantes, ya que prácticamente existen para todos los usos y necesidades, lo cual se fundamenta en que la parte corporal más integrada al trabajo son las manos, dadas sus características de sensibilidad, versatilidad de operación y de excelente motricidad fina

17.21.9. Protección de pies

Los requerimientos de selección, uso y mantenimiento del calzado se relacionan, por sus características, en forma general de acuerdo con las prestaciones que deban proporcionar.

Calzado con suela antideslizante: su función es la de proporcionar una adecuada estabilidad para el tránsito por pisos lisos, húmedos, en declives, etc., por consiguiente, además de su capacidad para no deslizarse sobre el piso se requiere que el material de la suela sea resistente a los agentes químicos que puedan existir en el suelo del lugar de trabajo y mostrarse firmes frente al deslizamiento. El grabado de la suela debe conservarse con una profundidad mínima de 0.001 m en el sitio más gastado. Al presentar un mayor desgaste en cualquier sitio que haga contacto con el piso, debe sustituirse.

Botas de seguridad con puntera de acero: indispensables para quienes manipulen o movilicen materiales pesados y rígidos.

Botas impermeables: son utilizadas por personal que tenga que transitar por espacios enfangados o húmedos. Su uso debe limitarse al tiempo en que cumpla labores dentro de dichas condiciones; el uso prolongado acalora los pies y puede producir mal olor y hongos. Es recomendable que estén forradas por dentro en tejido de algodón y han de lavarse periódicamente con agua y jabón.

Botas dieléctricas: al personal que realiza trabajos en redes o equipos eléctricos se le debe dotar con calzado dieléctrico protegido para tensión de maniobra. Son de material no conductor de la electricidad, cosidas (en ningún caso con clavos), libres de ojaletes o partes metálicas. La dieléctricidad se reduce con el desgaste de la suela y la acumulación de suciedad.

17.21.10. Controles contra el fuego

Las instalaciones locativas y mobiliario con frecuencia tienen condiciones inadecuadas que se convierten en riesgos de incendio, lo cual hace indispensable aplicar medidas de control.

En este apartado se analiza el control contra el fuego a partir de estos cuatro elementos:

1. Un sistema de detección y alarma.

2. Sistemas de agentes extintores.
3. Personal capacitado para el control del fuego.
4. Un plan que permita que todos estos sistemas se integren coordinadamente.

17.21.10.1. Sistemas de detección y alarma

La mejor manera de contener un incendio es detectarlo apenas inicia, por ello los sistemas de detección juegan un papel importante.

Los sistemas de detección de incendios, se utilizan para determinar en el tiempo más corto posible la presencia de fuego en un área específica.

Dependiendo de las características bajo las cuales se forma el conato de incendio, se establece el detector a utilizar.

17.21.10.1.1. Detectores de Incendios

Son los encargados de iniciar el sistema de alarma al detectar las partículas de humo en el ambiente.

Existen los siguientes:

1. Iónicos.
2. Fotoeléctricos.
3. Autónomo.
4. Láser.
5. Llama
6. Térmicos
7. Mezcla explosiva

17.21.10.1.1.1. Detector iónico

Percibe el humo mediante la detección de una variación de potencial eléctrico. Dicha variación es debida a que el potencial constante generado por un elemento de americio, disminuye al asociarse con partículas de humo.

17.21.10.1.2. Detector fotoeléctrico

Funciona con un concepto similar, porque precisa un rayo lumínico incidente constante en un ángulo determinado, el cual es detectado por un receptor lumínico y, cuando el receptor detecta una incidencia menor se activa. La incidencia menor puede ser el resultado de la absorción o desvío del rayo lumínico ocasionada por la presencia del humo entre el rayo incidente y el receptor

17.21.10.2. Red contraincendios

Se decide instalar una red contra incendios en el siguiente proyecto:

Una red contraincendios es un sistema fijo que se utiliza en forma automática o semiautomática de acuerdo a los requerimientos. La red contra incendio está constituida básicamente por un tanque donde se encuentra el agente extintor (agua, CO₂, agentes especiales limpios, etc.) y las líneas de tubería que van a permitir el paso del agente extintor hacia los puntos de descarga en las diferentes partes de la edificación. Los puntos de descarga pueden estar determinados por la salida del agente extintor a través de las mangueras de los gabinetes contra incendios o por las regaderas o sprinklers ubicados en techos y/o paredes de la edificación. Para permitir el paso del agente extintor con el caudal necesario y la presión requerida se debe disponer de sistemas de bombeo previamente calculados.

El agente extintor por excelencia es el agua, utilizada por medio de los gabinetes contra

incendios, los cuales están constituidos por un sistema de abastecimiento compuesto por un tanque de agua que suministra la cantidad de líquido necesaria para un tiempo determinado, generalmente calculado de acuerdo con el tiempo que tarden los bomberos en dar su apoyo.

La presión con que sale el agua se garantiza mediante una bomba tipo jockey, la cual se activa inmediatamente se baja la presión, sin que se requiera alimentarla manualmente con agua para que se inicie la succión. La bomba líder debe estar calculada de acuerdo a la extensión de la acometida, diámetro de la misma, altura, ángulos de cambio de dirección y requerimientos de caudal a la salida de la manguera. El abastecimiento de agua puede provenir del servicio de acueducto directamente, lo cual, en caso de racionamientos, caídas de presión, etc., no garantiza el suministro adecuado del líquido durante un incendio.

El agua puede ser almacenada en tanques elevados y/o subterráneos; los tanques elevados en forma general ofrecen mejor presión en los primeros pisos de la edificación, la cual se vuelve deficiente en los últimos. Los tanques subterráneos requieren del uso de bombas tipo jockey para mantener la presión en la red.

Se pueden tener tanques individuales para el sistema contraincendios y uso doméstico, caso en el cual se debe garantizar el movimiento del agua de contraincendios (a efecto que no se descomponga) mediante un sistema de paso que llene primero el tanque contraincendios y luego el de uso doméstico. De esta forma se garantiza que siempre se tenga la reserva del tanque de agua contraincendios.

Es posible disponer de un solo tanque, tanto para contraincendios como para uso doméstico; en ese caso, se dispondrá de dos sistemas de tubería para la salida del agua del tanque. La tubería para uso doméstico entrará hasta una altura determinada en la parte interna del tanque, de tal forma que cuando el agua baje del nivel donde empieza la tubería, no sea posible la salida de agua por dicha cañería. La tubería de agua para contraincendios entrará hasta el fondo del tanque. Por lo anterior, se puede deducir que queda una reserva de agua para contraincendios entre el fondo del tanque y el inicio de la tubería para uso doméstico.

Los cálculos de reserva de agua para contraincendios, deben realizarse con base en suministros mínimos para hidrantes y regaderas según se explica en la tabla

RIESGO	HIDRANTES (L/S)	REGADERAS (L/S)	DURACIÓN (MIN)
Leve	16	16	30
Moderado	16	38	50 - 90
Alto	32	64	60 - 120

Ilustración 17.21.10.1. Reserva de agua recomendada según riesgos

Otras normas determinan un mínimo de un metro cúbico por cada 100 metros cuadrados de construcción, pero un mínimo de 10 metros cúbicos, en abastecimiento continuo y una presión de 42 psi a 30 metros de altura en la parte más desfavorable.

La ubicación de las bombas, así como el suministro de energía de las mismas, debe ser independiente, de tal forma que se garantice su funcionamiento así se presente una interrupción del servicio eléctrico. Igualmente, es aconsejable contar con dos bombas, para el caso en que una falle.

Cuando un incendio ha alcanzado magnitudes tales que no es posible su control mediante el uso de extintores portátiles, rodantes, ni mediante la red hidráulica contraincendios se requiere la intervención de los bomberos con sus máquinas contraincendios, las cuales toman el agua de los hidrantes públicos y se pueden unir a la red contraincendios de la edificación a través de las siamesas (Gráfico 5.6) o proyectar el agua a presión hacia la edificación utilizando las escaleras de la máquina de bomberos.

17.21.10.2.1. Gabinete contraincendios

En forma general un gabinete contra incendios está constituido por:

1. Boca de salida de 1-1/2" o 2-1/2" ó ambas. La de 2-1/2" es para uso exclusivo del cuerpo de los bomberos.
2. Válvula que controla la salida de agua.
3. Manguera del diámetro apropiado.
4. Pitón para la manguera, con graduación para aplicar el agua en chorro o neblina.
5. Llave "spanner" de uniones para ajustar la manguera a la boca de salida, el pitón a la manguera y para realizar uniones entre mangueras.
6. Hacha pico.
7. Extintor portátil.

18. Balance económico

18.1. Estructura funcional de la empresa

Se desarrollará en el siguiente capítulo la distribución y ordenamiento de la estructura funcional de la empresa.

18.1.1. Organigrama

Un organigrama muestra la estructura interna de una organización o empresa. Los empleados y sus cargos se representan con rectángulos y otras figuras, a veces incluyen fotos, información de contacto, correo electrónico y enlaces a páginas web, íconos e ilustraciones. Las líneas rectas o con un ángulo de 90 grados unen los niveles. Esto crea una representación visual clara de la jerarquía y los rangos de todos los empleados, trabajos y departamentos que conforman la organización.

18.1.2. Estructura Funcional

En el diseño de la estructura funcional, es preciso establecer cuáles son las funciones de la empresa con el fin de crear los cargos necesarios para poder garantizarlas.

Es decir que se divide el trabajo y se agrupa en tareas afines por su especialización, tratando de que cada uno realice el menor número de funciones posible.

La estructura lineal pone el énfasis en la jerarquía; la estructura funcional lo pone en la división del trabajo y recurre a las habilidades para satisfacer los requerimientos de la tarea.

Las capacidades del especialista quedan al servicio del cargo. Por lo tanto, tiene autoridad y responsabilidad sobre las actividades que le competen y puede hacer cumplir aquello que disponga dentro de su especialidad funcional. De esta manera, comparte la “autoridad de línea” con la autoridad funcional, y la estructura aprovecha sus conocimientos, haciéndole ejercer “controles funcionales”.

Por ejemplo, los supervisores especializados tienen autoridad (cada uno en su especialidad) sobre todo el personal que ejecuta tareas relacionadas con su función, debido a lo cual el personal operativo recibe órdenes de su jefe y de cada uno de los supervisores.

En otras palabras, se reciben órdenes del superior jerárquico y de quienes no están ubicados en “jerarquías de subordinación inmediata”.

18.1.2.1. Estructura de la empresa

En el siguiente apartado se describirán los distintos departamentos que existirán en la empresa. Con un detalle de sus objetivos dentro de la compañía

18.1.2.1.1. Dirección ejecutiva

La dirección ejecutiva es el departamento encargado de dirigir a la empresa, será la cara visible de la empresa. Sus funciones serán:

- Definir cultura e imagen corporativa
- Definir modelo de negocio
- Toma de decisiones estratégicas
- Organización y coordinación
- Gestión de talento

El principal objetivo será el logro de los objetivos de la empresa, y dar un soporte a nivel general a la misma.

18.1.2.1.1.1. Asistente gerencial

El Asistente de gerencia o asistente gerencial puede desarrollar distintas tareas desde la asistencia a distintos cargos de un organismo, supervisar o coordinar al equipo de trabajo.

Concertar reuniones, llevar adelante la agenda de la empresa, colaborar con el departamento administrativo a través de informes y evaluaciones que se puedan requerir, entre otras tareas de asistencia.

18.1.2.1.2. Dirección financiera

El departamento de finanzas debe asegurar tiempos de prosperidad y garantizar soporte en tiempos de crisis, de ahí que sus funciones más importantes sean las siguientes:

- Planificación de presupuestos

Diseñar un control de gastos e ingresos es indispensable para realizar proyectos, administrar la obtención de fondos y determinar ajustes oportunos en la empresa. Así, la planificación de presupuestos es una parte imprescindible en el desempeño de tareas de cualquier compañía.

- Organización financiera

Otra de las funciones del departamento de finanzas es determinar un modelo económico capaz de optimizar los recursos económicos y en la que se pueda proyectar de manera realista los estados financieros de la empresa con base en datos actualizados.

- Pago de nóminas

El registro de salarios, bonos y deducciones de los trabajadores es una tarea que realiza el departamento de finanzas. Si bien esta función corresponde, en parte, al área de Contabilidad, es el departamento financiero quien la lleva a cabo.

- Análisis y resolución de problemas financieros

Una de las más importantes funciones es prevenir problemas que pongan en riesgo los recursos económicos de la compañía. Saber gestionar situaciones inesperadas y aportar soluciones rápidas y viables demuestra lo valioso que es el departamento de finanzas.

- Conocimiento del mercado

Para asegurar estabilidad económica, el departamento de finanzas debe estar en constante actualización sobre los mercados, conocer los tipos de cambios vigentes, las tasas de inflación, los movimientos comerciales, etc.

El director de finanzas será el responsable máximo, liderará el equipo y cumplirá los objetivos financieros de la empresa.

18.1.2.1.2.1. Analista de costos

Los analistas de costos estudiarán los gastos corporativos y crearán informes para la administración.

El deber principal del analista de costos es recopilar datos financieros (por ejemplo, compras de inventario, costos laborales) y analizarlos para descubrir ineficiencias. Deben estimar los costos de producción y rastrear los cambios en los costos regulares (por ejemplo, debido a nuevos productos y nuevos procesos).

- Recopilar y analizar datos financieros
- Estimación de costos y comparación de presupuestos con gastos reales.
- Monitoreo de costos después de cambios significativos en productos o procesos.

18.1.2.1.2.2. Analista de ventas

El Analista de Ventas será la persona responsable de recopilar y analizar la información sobre Ventas, así como de evaluar y predecir las tendencias de empresas de mediano

y gran tamaño con el fin de ayudarlos a optimizar sus estrategias de publicidad. Deben predecir ventas, preparar informes detallados y realizar sugerencias fundamentadas para mejorar la rentabilidad de la corporación.

- Brindar asistencia en el proceso de análisis y búsqueda de información:
- Desarrollar métodos y estrategias para evaluar grandes cantidades de información.
- Estudiar y analizar detalladamente los datos de ventas anteriores con el fin de determinar las tendencias de productividad.
- Evaluar las metas de ventas actuales.
- Examinar el presupuesto de la corporación.
- Realizar investigaciones de mercado en las tendencias de la industria relacionadas con las actividades comerciales de la empresa.
- Investigar y monitorear la competencia y el mercado.
- Completar análisis financieros y reportes sobre la competencia.
- Revisar las tendencias en compras de la base de datos de compradores y el público meta de la empresa.
- Utilizar programas especializados para predecir tendencias futuras.
- Preparar y enviar informes basados en la información recopilada, además de compartir sus conclusiones y recomendaciones con los Gerentes de Ventas, los miembros de la junta directiva o el presidente de la empresa.
- Desarrollar las cuotas de Ventas a ser logradas por el equipo, evaluar su desempeño y realizar una estimación

18.1.2.1.2.3. Analista de compras

Dará soporte de información por nivel de stock, compras, distribución y consumo. Buscará información de materia prima y proveedores a nivel internacional. Debe conocer sobre sistemas de pagos internacionales. Tendrá un alto enfoque en negociación.

18.1.2.1.3. Dirección SHE

Su propósito es proteger la vida y preservar el bienestar de la salud del trabajador, y la integridad física de los trabajadores de acuerdo con estándares diseñados para garantizar sus condiciones de trabajo. La higiene y seguridad industrial tiene como principal función la capacitación y prevención de enfermedades y accidentes laborales. El director de SHE será la autoridad máxima y dará las directivas para cumplir con los objetivos establecidos por la empresa.

18.1.2.1.3.1. Analista de seguridad e higiene

Preservación de la integridad psicofísica del trabajador durante el desarrollo de sus actividades laborales, evitando posibles accidentes y previniendo situaciones detectadas como insegura. Reunir competencias para el trabajo en prevención en las distintas áreas de trabajo.

Planificar y organizar actividades relacionadas con la seguridad e higiene en ambientes de trabajo.

Diseñar procesos, puestos de trabajo, dispositivos, instalaciones, equipos y productos, con un enfoque preventivo y ergonómico, para ser utilizados en ámbitos laborales.

Gestionar los recursos de los servicios de seguridad e higiene de las organizaciones, confeccionando la documentación demandada por los organismos de fiscalización correspondientes.

Evaluar y controlar, realizando los procesos de medición y supervisión, de los aspectos relacionados con la higiene y seguridad en el trabajo.

Asesorar a la organización según la normativa y legislación vigente, interviniendo preventivamente para evitar accidentes y enfermedades profesionales.

18.1.2.1.3.2. Analista de medio ambiente

- Realizar el Seguimiento de la gestión ambiental para garantizar las prácticas de cuidado de Medio Ambiente.
- Realizar el seguimiento de indicadores
- Realizar el control de la gestión de residuos
- Generar monitoreos ambientales
- Detectar oportunidades de mejora continua/innovación
- Generar análisis y elaborar reportes para la presentación a la Gerencia.

18.1.2.1.4. Dirección Supply Chain

La dirección de supply chain es la encargada de gestionar, organizar y jerarquizar la cadena de suministro de una empresa. Su principal objetivo es aumentar la eficiencia de la supply chain sin reducir la calidad ni comprometer la seguridad. Entre sus principales funciones se encuentran:

- Negociar los mejores precios de las materias primas para reducir costes.
- Planificar las cantidades a comprar para optimizar el control de inventario.
- Cubrir la demanda de los clientes nivelando la capacidad de producción o asegurando el stock suficiente.
- Configurar la red de distribución teniendo en cuenta la ubicación de proveedores, instalaciones de producción y centros de distribución.
- Supervisar el desarrollo de los contratos con los proveedores y clientes.
- Crear un sistema de entrega eficaz para los clientes.
- Gestionar al personal que forma parte de la cadena de suministro en la empresa.
-

El director de dicho departamento se encargará de cumplir los objetivos establecidos por gerencia y liderar su sector.

18.1.2.1.4.1. Analista de abastecimiento

Las principales funciones del cargo consisten en administrar y gestionar compras para proyectos; generar procedimientos de compras, gestión, reposición de insumos, equipos que permitan dar el mejor uso a los recursos con los que cuenta la Empresa; controlar y mantener indicadores económicos, de gastos, control de presupuesto, y todos aquellos que refieran a la gestión del área de logística, entregando informes periódicos a Director de unidad, Gerentes y Jefes, de acuerdo a la periodicidad y formato entregado por Director; controlar el cumplimiento de los procesos del área de logística; manejar y controlar inventarios de insumos, de aseo, artículos de oficina, y otros de la Empresa; Órdenes de Compra, Automatización de procesos; otras asociadas al rol.

18.1.2.1.4.2. Analista planning

Su principal rol es el armado de la planificación del despacho del centro de distribución, a través de las entregas que genere el área de finanzas.

18.1.2.1.4.3. Gestión de despacho

Su principal tarea será organizar y generar las ordenes de facturación que se generen en el centro de distribución

18.1.2.1.5. Dirección productiva

El departamento de producción, también llamado de operaciones, es el encargado de transformar los recursos o materias primas en producto final o bienes comerciales de la empresa que llegarán a sus clientes.

Así pues, en términos generales, el equipo que trabaja en el departamento de producción tiene la responsabilidad de fabricar los bienes o servicios que vende la empresa.

Entre sus múltiples funciones para convertir dichas materias primas en productos que se comercializarán, es básico establecer el flujo óptimo del proceso de producción, que determinará la cantidad de recursos que se necesitan para llevar a cabo la producción. Por ello, el equipo debe coordinarse con otros departamentos, como el de compras, haciendo la previsión más ajustada para que siempre haya los materiales necesarios en cada etapa de producción.

Será el departamento responsable de planificar la línea de producción en todas sus fases. El líder del departamento asignará las tareas que el resto del equipo deberá realizar, coordinándose entre ellos para sacar adelante la elaboración del producto. Es importante que busquen siempre la máxima eficiencia, en especial en todo lo relacionado con el consumo de materia prima, el mínimo inventario requerido y el tiempo estimado de duración del proceso con el objetivo de minimizar los costes de producción. Se encargará de asegurar la calidad del producto o servicio final. El departamento analizará y evaluará continuamente los artículos en busca de errores o fallos en las diferentes fases del proceso de elaboración. De este modo, se desarrollarán las soluciones adecuadas a los problemas que se presenten, algo que servirá para optimizar cada una de las partes y, en su conjunto, al propio artículo a comercializar.

Derivado de la anterior, deberá llevar a cabo un proceso de evaluación e innovación constante que acorte tiempos de producción, mejore la calidad del producto final y optimice el proceso en su conjunto para consumir la menor cantidad de recursos en su fabricación, ya sean materias primas, de personal o de energía.

Los objetivos de este departamento están muy relacionados con las funciones que desempeña, que podrían resumirse en que principalmente, debe coordinar y ejecutar las distintas fases del proceso productivo con el fin de hacer llegar el producto final al consumidor con los máximos estándares de calidad en el mínimo tiempo posible.

El director de dicho departamento será la autoridad máxima que dará las directivas para lograr los objetivos de la empresa.

18.1.2.1.5.1. Jefe de planta

El jefe de planta se responsabilizará de todas las actividades relacionadas con el proceso productivo (fabricación, calidad, mantenimiento, logística, compras...), de acuerdo con las directrices generales marcadas por gerencia. Dirige, controla y apoya a la estructura humana y técnica implicada en el proceso de fabricación. Además, dirige y controla las mejoras de organización de los procesos productivos según las normativas de calidad, medio ambiente y prevención de riesgos laborales. Este perfil depende del director de producción o industrial.

- Implanta las estrategias de producción de acuerdo con los objetivos de gerencia.
- Planifica los programas de fabricación.
- Implanta y ejecuta las políticas de calidad, medio ambiente y prevención de riesgos laborales.
- Asegura el buen funcionamiento del área de aprovisionamiento y logística.
- Desarrolla líneas de producción y o/montaje para nuevos productos.
- Planifica y organiza el mantenimiento del proceso de fabricación.

- Lleva a cabo una tarea continuada de análisis y organización de procesos, con la finalidad de obtener los máximos niveles de productividad y eficiencia, todo implantando programas de mejora continua. Adapta la producción a las exigencias de competitividad y a las necesidades del mercado, con la colaboración de otros departamentos de la empresa (oficina técnica, calidad...).
- Lidera el equipo humano y lo mantiene motivado, aprovechando al máximo su talento.
- Participa en las tareas de formación del personal.
- Asegura el cumplimiento del presupuesto organizando el equipo, sus recursos y gestiona el aprovisionamiento de primeras materias.

18.1.2.1.5.2. Jefe de turno

Se dispondrá de un jefe de turno que sea capaz de llevar a cabo tareas de producción y liderazgo en el proceso productivo de la planta.

Analizar, y solucionar situaciones dentro del proceso productivo y administrar personal.

18.1.2.1.5.3. Analista de procesos

Manejar y controlar el uso de roles y usuarios del sistema.

- Documentar y gestionar integralmente los procesos de la compañía y administrar mapa de procesos. (Flujogramas, hojas de proceso, instructivos de trabajo, planos, etc.).
- Brindar apoyo metodológico en la gestión de procesos de relevamiento, documentación y mejora de procesos, incluyendo soporte en la implementación de los mismos.
- Evaluar procesos, tomar medidas, interpretar datos, definición de KPI y trabajar en la implementación de tableros de control.
- Promover la visión de punta a punta de los procesos.
- Liderar la implementación de nuevos procesos o de mejoras en los mismos, en forma conjunta con el área de tecnología, producción, administración, para el cumplimiento de los objetivos de la empresa.
- Concentrar y canalizar los requerimientos originados en todas las áreas de la Empresa, que impliquen un análisis procedimental, organizativo y normativo.
- Promover la elaboración y emisión de normas que atiendan a regular los procesos que afectan a cada área de la organización, de acuerdo a las políticas y las normativas de la Organización.
- Intervenir en la elaboración de indicadores de gestión de los procesos.
- Desarrollar mejores prácticas, rutinas y soluciones innovadoras para mejorar los índices de producción y la calidad de la producción.
- Diseñar dispositivos de control de calidad y de cumplimiento de los procesos establecidos.
- Asegurar la documentación de procesos y procedimientos, auditar en caso de ser requerido, el cumplimiento de procesos de la organización. Analizar información Validar la información obtenida Informar datos para la Alta Dirección y mandos medios.
- Asegurar que los objetivos estén alineados a los estratégicos de la institución.
- Asesorar, proponer y hacer seguimiento de planes de mejora (no conformidades, registros de incidentes)
- Publicar las normas o manuales de procedimiento de la Organización, para su correcta comunicación.
- Establecer los objetivos del Área para cada ejercicio para el armado del plan anual de trabajo, controlando su implementación y cumplimiento.

- Coordinar y participar en los programas de capacitación y entrenamiento de implementación de nuevos procesos o sistemas, para garantizar el cumplimiento eficiente de las nuevas funciones.
- Capacitar a los operadores en los sistemas corporativos definidos para lograr el cumplimiento de procesos estandarizados, definición y seguimiento de objetivos.

18.1.2.1.6. Dirección de mantenimiento

El principal objetivo de dicho departamento es asegurar el correcto funcionamiento de todos los principales dispositivos y maquinaria de la planta. Mediante la supervisión y mantenimiento programado.

El director de dicho departamento se encargará de dirigir y organizar el mantenimiento. Así como también lograr cumplir los objetivos establecidos por gerencia.

18.1.2.1.6.1. Ingeniería y optimización

Será el área encargada de

- Identificar oportunidades de mejora
- Planificar optimizaciones
- Crear una cultura innovadora en procesos
- Generar ideas de proyectos
- Desarrollar nuevos proyectos

18.1.2.1.6.2. Instrumentación y control de procesos

Organizar, dirigir, ejecutar y controlar tareas productivas de montaje instalación, calibración y configuración de instrumentos de campo. Así como control, sintonía, supervisión, operación y mantenimiento de lazos de control continuo implementados con sistemas de control industrial.

Aplica en su puesto de trabajo las normas de eficiencia energética, seguridad e higiene y de conservación del medio ambiente para mitigar las ocurrencias de accidentes de trabajo y los pasivos ambientales, así mismo aplica las normas vigentes de control de calidad procurando siempre la mejora continua en los procesos productivos

Aplica los conocimientos tecnológicos y de gestión de la producción industrial, de los equipos e instrumentos de diferente tecnología de medición, control, operación y los diversos softwares informáticos de la especialidad.

Realizar tareas de instalación y montajes de equipos de campo, configuración, diagnóstico y puesta en servicio de dispositivos de medición y control, instalación y configuración de redes industriales, operación, sintonización y configuración de sistemas de control automático de procesos industriales con PLC, PAC y DCS, implementación de técnicas de control y supervisión de procesos industriales que requieren de la tecnología eléctrica, neumática, electrónica, comunicación digital para su operatividad.

18.1.2.1.6.3. Técnico Electricista

Dará soporte a todas las instalaciones de la empresa, dispositivos e instalaciones eléctricas. Deberá realizar mantenimiento y asegurar el correcto funcionamiento de todas las instalaciones eléctricas de la planta

18.1.2.1.6.4. Técnico Mecánico

Dará soporte mecánico a todos los dispositivos de la empresa. Deberá realizar el mantenimiento de máquinas y dispositivos de la planta. Asegurando el correcto funcionamiento de todos los equipos presentes en la empresa.

18.1.2.1.7. Dirección de calidad

Este departamento se encargará de verificar y validar la calidad del producto terminado. Su principal objetivo es asegurar la excelencia en calidad de la planta y del producto que se envía hacia los clientes.

El director de dicho departamento se encargará de cumplir los objetivos establecidos por la gerencia de la empresa.

18.1.2.1.7.1. Analista de calidad

Verificar la excelencia en calidad del producto. Generar reportes. Seguimiento de los KPI's de calidad de la empresa.

18.1.2.1.7.2. Analista de laboratorio

Realizar el estudio de las muestras de materias primas y producto terminado.

Generar reportes de los estudios realizados.

Verificar stock de productos químicos de laboratorio.

Optimizar reacciones químicas y calidad de producto.

18.1.2.1.8. Dirección RRHH

El principal objetivo de este departamento es garantizar y conservar un grupo humano de trabajo alineado con los valores y cultura de la empresa

18.1.2.1.8.1. Analista de recursos humanos

Gestión administrativa de personal

- ✓ Laboral: nóminas, seguros sociales, contratos, despidos, control de horarios

18.1.2.1.8.2. Analista de atracción de talentos

- Reclutamiento y selección:
 - ✓ Conseguir base de datos de candidatos
 - ✓ Realizar pruebas de selección

18.1.2.2. Servicios tercerizados

Se dispondrán de servicios tercerizados los cuales se generarán para áreas específicas de la planta donde no pertenecen al área productiva de la planta.

18.1.2.2.1. Servicio de comedor

Este servicio estará encargado de la realización de preparar el menú de cada día, asegurando nutrición y calidad de alimento.

18.1.2.2.2. Servicio de limpieza

Se encargará de mantener todas las áreas de la empresa de forma limpia y ordenada. Sea, baños, calles, talleres, etc.

18.1.2.2.3. Servicio de seguridad y portería

Estarán a cargo de la vigilancia, entrada y salida de transportes y la correcta seguridad de la planta de cualquier tipo de incidente.

18.1.2.2.4. IT (Asistencia tecnológica)

Estarán a cargo de proveer un mantenimiento a todo equipo tecnológico, y proveer al personal las herramientas informáticas y asistencia tecnológica para que puedan realizar su trabajo.

18.1.2.2.5. Servicio de enfermería

El servicio de enfermería tendrá una enfermera por turno, y una nutricionista en turno central. Además, deberá estar equipada con cualquier tipo de medicamentos o productos de enfermería, por cualquier incidente o evento. En caso de parada de planta se alquilará una ambulancia como medida de emergencia ante cualquier sinistro.

18.1.2.2.6. Servicio de jardinería

Se encargará de mantener todas las áreas de vegetación de la planta, árboles, arbustos, plantas, etc. Garantizando el cuidado y bienestar de las mismas

18.1.2.2.7. Servicio de mantenimiento

Estará encargado de que todos los dispositivos ajenos al proceso funcionen correctamente, luces interiores como exteriores, tableros eléctricos, aires acondicionados, calefacción, etc. se encargará de mantener todos los espacios con correcta señalización y demarcación.

18.1.2.2.8. Asesoría financiera y legal

Se encargará de proveer apoyo cuando se lo requiera ante situaciones legales, financieras y comerciales como pueden ser las instancias de auditorías.

18.1.2.3. Esquema de turnos

18.1.2.3.1. Horario central

Aquellos trabajadores que se encuentren en horario central, trabajarán en la franja de 8:00hs a 17:00hs.

18.1.2.3.2. Turnos rotativos

Se trabajará con 4 turnos de 7 días laborales cada uno. Estos estarán divididos de la siguiente manera:

- 1. Mañana: La franja horaria es de 6:00hs a 14:00hs
- 2. Tarde: La franja horaria es de 14:00hs a 22:00hs
- 3. Noche: La franja horaria es de 22:00hs a 6:00hs

Por lo tanto, aquel trabajador que realice 7 días laborables tendrá dos días de descanso y en el último turno se le otorgarán 3 días de descanso. Conformando la siguiente tabla:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Primer turno	M	M	M	M	M	M	M	F	F	T	T	T	T	T	T	T	F	F	N	N	N	N	N	N	N	F	F	F	M	M
Segundo turno	F	F	T	T	T	T	T	T	T	F	F	N	N	N	N	N	N	N	F	F	M	M	M	M	M	M	M	F	F	F
Tercer turno	T	T	T	T	T	T	T	F	F	N	N	N	N	N	N	N	F	F	M	M	M	M	M	M	M	F	F	F	T	T
Cuarto turno	F	F	M	M	M	M	M	M	M	F	F	T	T	T	T	T	T	T	F	F	F	N	N	N	N	N	N	N	F	F

Tabla 188.18.1.2.3.2.1. Esquema de turnos rotativos

Siendo así:

Mañana	M	6hs	14hs
Tarde	T	14hs	22hs
Noche	N	22hs	6hs
Franco	F		

Tabla 18.1.2.3.1.2. Horarios de cada turno

18.2. Capital necesario para activos inmovilizados

Listado de Equipos					
ID	Tipo	Descripción	Material	Cantidad	Costo (USD)
V-0001	Tanque	Taque materia prima IPA	Acero inoxidable	1	\$ 117.300,00
V-0002	Tanque	Tanque de materia prima Agua	Acero inoxidable	1	\$ 253.600,00
V-1101	Tanque	Tanque de mezcla	Acero inoxidable	1	\$ 16.000,00
V-1102	Tanque	Tanque mezclado recirculación	Acero inoxidable	1	\$ 16.600,00
E-1101	Intercambiador	Evaporador Kettle-Reboiler	Acero al carbono	1	\$ 13.000,00
E-1102	Intercambiador	Intercambiador de calor	Acero al carbono	1	\$ 10.600,00
H-1101	Horno	Horno	Acero inoxidable	1	\$ 302.000,00
R-1101	Reactor	Reactor catalítico	Acero inoxidable	1	\$ 122.400,00
E-1103	Intercambiador	Condensador	Acero al carbono	1	\$ 51.100,00
V-1103	Tanque	Separador de fases	Acero inoxidable	1	\$ 16.600,00
V-1108	Tanque	Tanque sal fundida	Acero inoxidable	1	\$ 51.600,00
T-1101	Torre	Absorbedor	Acero inoxidable	1	\$ 221.800,00
T-1102	Columna	Torre de destilación	Acero inoxidable	1	\$ 113.800,00
E-1105	Intercambiador	Condensador	Acero al carbono	1	\$ 20.020,00
V-1104	Tanque	Tanque pulmón	Acero inoxidable	1	\$ 11.700,00
V-1105	Tanque	Tanque condensado	Acero inoxidable	1	\$ 19.100,00
E-1107	Intercambiador	Evaporador Kettle-Reboiler	Acero al carbono	1	\$ 24.100,00
T-1103	Torre	Torre de destilación	Acero inoxidable	1	\$ 165.010,00
E-1106	Intercambiador	Condensador	Acero inoxidable	1	\$ 15.400,00
V-1105	Tanque	Tanque condensado	Acero inoxidable	1	\$ 23.600,00
V-1106	Tanque	Tanque condensado	Acero inoxidable	1	\$ 17.700,00
E-1108	Intercambiador	Kettle Reboiler	Acero al carbono	1	\$ 17.600,00
E-1109	Intercambiador	Enfriador	Acero al carbono	1	\$ 7.600,00
V-1107	Tanque	Tanque pulmón	Acero inoxidable	1	\$ 10.100,00
V-1109	Tanque	Producto terminado	Acero inoxidable	1	\$ 128.400,00
V-1110	Tanque	Producto terminado	Acero inoxidable	1	\$ 470.000,00
V-1111	Tanque	Producto terminado	Acero inoxidable	1	\$ 111.100,00
V-0003	Tanque	Producto terminado Stock	Acero inoxidable	1	\$ 584.200,00
V-0004	Tanque	Producto terminado Stock	Acero inoxidable	1	\$ 73.500,00
P-0XXX	Bombas	Bombas de proceso		30	\$ 100.000,00
Costo total				59	\$ 3.105.530,00

Tabla 18.2.1. Valor de cada equipo del proceso

Por lo tanto, tenemos un total de 59 equipos principales, en el caso de las bombas se tomó en cuenta 15 bombas más como soporte de la bomba principal, el precio está basado en estas 30 bombas.

Por lo tanto, se necesita una inversión total de **\$3.105.530**.

18.2.1. Método de Lang para calcular la inversión del capital fijo

La inversión de capital para una nueva planta incluye tres elementos principales: capital fijo directo (DFC), capital de trabajo y puesta en marcha y costo de validación. El DFC para pequeñas y medianas instalaciones de biotecnología suele oscilar entre 50 y 200 millones de dólares, mientras que para las instalaciones grandes está en el rango de \$250 a \$750 millones. Para fines de diseño preliminar, los varios elementos de DFC se estiman en función de la compra total de equipos costo (PC) usando varios multiplicadores a veces llamados factores Lang.

Por lo tanto, se estimarán los costos mediante el siguiente método. En la siguiente tabla se pueden observar los distintos factores de Lang que se utilizaron.[22]

18.2.1.1. Costo Primario

Costo	Multiplicador Promedio (fxCT)	Rango de multiplicadores	Subtotales	
Costo total directo de planta (TPDC)				
Costo de la compra de equipos (CT)			\$	3.105.530,00
Instalación	0,5 X CT	0,2-1,5	\$	1.552.765,00
Piping	0,40 X CT	0,3-0,6	\$	1.242.212,00
Instrumentación	0,35 X CT	0,2-0,6	\$	1.086.935,50
Aislación	0,03 X CT	0,01-0,05	\$	93.165,90
Electricidad	0,15 X CT	0,1-0,2	\$	465.829,50
Edificación	0,45 X CT	0,1-3,0	\$	1.397.488,50
Mejoras de patio	0,15 x CT	0,05-0,2	\$	465.829,50
Servicios auxiliares	0,50 X CT	0,2-1,0	\$	1.552.765,00
Total (TPDC)			\$	10.962.520,90
Costos indirectos (TPIC)				
Ingeniería	0,25 X TPDC	0,2-0,3	\$	2.740.630,23
Construcción	0,35 X TPDC	0,3-0,4	\$	3.836.882,32
Total (TPIC)			\$	6.577.512,54
Costo total de la planta (TPC)	TPDC+TPIC		\$	17.540.033,44
Pago de contratador	0,05 X TPC	0,03-0,08	\$	877.001,67
Contingencia	0,10 X TPC	0,07-0,15	\$	1.754.003,34
Total			\$	2.631.005,02
	TPC + paga de contratista y contingencia			
Capital fijo directo (DFC)				
Total (DFC)			\$	20.171.038,46

188.2.1.1.1 Adaptación de Perry's Chemicals Engineering Handbook

Por lo tanto, la inversión total de nuestro proyecto (costo primario) es de **\$ 20.171.038,46**

18.2.1.1.1. Costo del terreno necesario para el proyecto

El costo total para adquirir el terreno es de \$3.500.000

Por lo tanto, nuestro capital inmovilizado se resume en la siguiente tabla

Costo	Total
Costo primario	\$ 20.171.038,46
Costo terreno	\$ 3.500.000,00
Capital Inmovilizado	\$ 23.671.038,46

Tabla 18.2.1.1.1.1. Capital inmovilizado

18.3. Capital Fijo

18.3.1. Dotación

Se detalla a continuación la dotación de la planta y sus respectivas remuneraciones

		Dotación			
		Remuneración	Dotación	Remuneración anual(\$ARG)	Remuneración anual (USD)
Dirección ejecutiva		\$ 4.000.000,00	1	\$ 52.000.000,00	\$ 142.465,75
Asistente gerencial		\$ 3.000.000,00	1	\$ 39.000.000,00	\$ 106.849,32
Gerente comercial		\$ 3.000.000,00	1	\$ 39.000.000,00	\$ 106.849,32
Asesor legal		\$ 3.000.000,00	1	\$ 39.000.000,00	\$ 106.849,32
	Director	\$ 3.000.000,00	1	\$ 39.000.000,00	\$ 106.849,32
Dirección financiera	Analista de costos	\$ 310.000,00	2	\$ 8.060.000,00	\$ 22.082,19
	Analista de ventas	\$ 310.000,00	2	\$ 8.060.000,00	\$ 22.082,19
	Analista de compras	\$ 310.000,00	2	\$ 8.060.000,00	\$ 22.082,19
	Director	\$ 3.000.000,00	1	\$ 39.000.000,00	\$ 106.849,32
Dirección SHE	Analista de seguridad e higiene	\$ 350.000,00	2	\$ 9.100.000,00	\$ 24.931,51
	Analista ambiental	\$ 350.000,00	2	\$ 9.100.000,00	\$ 24.931,51
	Técnico de seguridad e higiene de turno	\$ 300.000,00	2	\$ 7.800.000,00	\$ 21.369,86
	Director	\$ 3.000.000,00	1	\$ 39.000.000,00	\$ 106.849,32
Dirección supply chain	Analista de abastecimiento	\$ 280.000,00	2	\$ 7.280.000,00	\$ 19.945,21
	Analista planning	\$ 450.000,00	2	\$ 11.700.000,00	\$ 32.054,79
	Gestor de despacho	\$ 300.000,00	4	\$ 15.600.000,00	\$ 42.739,73
	Operarios de carga	\$ 380.000,00	24	\$ 118.560.000,00	\$ 324.821,92
	Jefe de turno	\$ 420.000,00	4	\$ 21.840.000,00	\$ 59.835,62
	Jefe de planta	\$ 1.500.000,00	1	\$ 19.500.000,00	\$ 53.424,66
Dirección de proceso	Jefe de turno	\$ 420.000,00	4	\$ 21.840.000,00	\$ 59.835,62
	Operarios de producción	\$ 350.000,00	24	\$ 109.200.000,00	\$ 299.178,08
	Analista de procesos	\$ 470.000,00	2	\$ 12.220.000,00	\$ 33.479,45
	Ingeniería y optimización	\$ 450.000,00	2	\$ 11.700.000,00	\$ 32.054,79
	Instrumentista	\$ 400.000,00	4	\$ 20.800.000,00	\$ 56.986,30
Dirección de mantenimiento	Mecánico	\$ 400.000,00	4	\$ 20.800.000,00	\$ 56.986,30
	Electricista	\$ 400.000,00	4	\$ 20.800.000,00	\$ 56.986,30
	Jefe de turno	\$ 400.000,00	4	\$ 20.800.000,00	\$ 56.986,30
	Analista de laboratorio	\$ 400.000,00	1	\$ 5.200.000,00	\$ 14.246,58
Dirección de calidad	Analista de calidad	\$ 400.000,00	1	\$ 5.200.000,00	\$ 14.246,58
	Técnicos químicos	\$ 350.000,00	24	\$ 109.200.000,00	\$ 299.178,08
Dirección RR. HH	Analista de recursos humanos	\$ 250.000,00	2	\$ 6.500.000,00	\$ 17.808,22
	Analista de atracción de talentos	\$ 250.000,00	2	\$ 6.500.000,00	\$ 17.808,22
Totales		\$ 32.200.000,00	134	\$ 901.420.000,00	\$ 2.469.643,84

Tabla 18.18.2.1 Dotación de la empresa

18.3.1.1. Costos sociales

El costo social representa un 30% de la remuneración total de la dotación dando el siguiente resultado:

18.4. Capital variable

18.4.1. Capital de trabajo

El capital de trabajo se considerará el 25% de la inversión principal

Valor	
Capital de trabajo (se considera el 25% de la inversión inicial)	\$ 5.042.759,61

Tabla 18.4.1. Capital de trabajo

18.4.2. Costo producto en un período de 30 días de puesta en marcha

Producto para comercializar	[ton/30 días]	[USD/ton]	
Acetona	821,917808	1900	\$ 1.561.643,84
Efectivo en caja			\$ 31.232,88

Tabla 18.4.2.1. Costo producto en un período de 30 días

18.4.3. Cuentas por cobrar

Producto para comercializar	[ton/30 días]	[USD/ton]	
Acetona	821,917808	1900	\$ 1.561.643,84
Efectivo en caja			\$ 31.232,88

Tabla 18.4. 18.3 Cuentas por cobrar

18.4.4. Inversión total

La inversión total será el capital inmovilizado sumado al capital de trabajo

Capital	Costo	
Capital inmovilizado	\$	23.671.038,46
Capital de trabajo	\$	5.042.759,61
Total	\$	28.713.798,07

Tabla 18.4.4.1 Inversión total

18.4.5. Amortización

$$\frac{\text{Costo primario} - \text{Costo terreno}}{10} \quad (\text{Ecuación 18.4.6.1})$$

$$\frac{\$ 20.171.038,46 - \$ 3.500.000}{10} \quad (\text{Ecuación 18.4.6.2})$$

Por lo tanto, la amortización resulta ser **\$ 1.667.103,85**

18.4.6. Consumos eléctricos de operación

Consumo	Consumo anual	(USD/KW)	Costo total (USD)	
Consumos electricos de la operación	1652214,713	0,1	\$	165.221,47
Consumos de aire	876000	0,1	\$	87.600,00
Total	2528214,713		\$	252.821,47

Tabla 18.4.6.1 Consumos eléctricos de operación

18.4.7. Consumos eléctricos de la planta

Consumo	Consumo anual (KW)	Costo (USD/KW)	Costo total (USD)	
Aires acondicionados	21900	0,1	\$	2.190,00
Iluminación	146000	0,1	\$	14.600,00
Total	167900	0,2	\$	16.790,00

Tabla 188.4.7.1 Consumo eléctrico de la planta

Por lo tanto, el costo total eléctrico de la empresa es de **\$ 269.611,47**.

18.4.8. Resumen de costos fijos y variables

Costos variables	
Materias primas	\$ 10.528.145,55
Consumos energéticos	\$ 269.611,47
Total	\$ 10.797.757,02

Tabla 18.4.8.1 Costos variables

Costos fijos	
Dotación	\$ 2.469.643,84
Cargas sociales (30% x Remuneración)	\$ 740.893,15
Costos mantenimiento (5% CTE)	\$ 155.276,50
Seguros e impuestos (2% Capital inmovilizado)	\$ 473.420,77
Costos generales	\$ 1.234.821,92
Total	\$ 5.074.056,17

Tabla 18.4.8.2. Costos fijos

18.4.9. Punto de equilibrio

Producción Anual [ton/año]	Costos fijos [ton/año]	Costos variables [ton/año]	Costos totales [ton/año]	Ingresos [ton/año]
0	\$ 5.074.056,17	\$ -	\$ 5.074.056,17	\$ -
5000	\$ 5.074.056,17	\$ 5.398.878,51	\$ 10.472.934,69	\$ 9.500.000,00
7500	\$ 5.074.056,17	\$ 8.098.317,77	\$ 13.172.373,94	\$ 14.250.000,00
10000	\$ 5.074.056,17	\$ 10.797.757,02	\$ 15.871.813,20	\$ 19.000.000,00
10000	\$ 5.074.056,17	\$ 10.797.757,02	\$ 15.871.813,20	\$ 19.000.000,00
10000	\$ 5.074.056,17	\$ 10.797.757,02	\$ 15.871.813,20	\$ 19.000.000,00
10000	\$ 5.074.056,17	\$ 10.797.757,02	\$ 15.871.813,20	\$ 19.000.000,00
10000	\$ 5.074.056,17	\$ 10.797.757,02	\$ 15.871.813,20	\$ 19.000.000,00
10000	\$ 5.074.056,17	\$ 10.797.757,02	\$ 15.871.813,20	\$ 19.000.000,00
10000	\$ 5.074.056,17	\$ 10.797.757,02	\$ 15.871.813,20	\$ 19.000.000,00
10000	\$ 5.074.056,17	\$ 10.797.757,02	\$ 15.871.813,20	\$ 19.000.000,00

Tabla 18.4.9.1 Punto de equilibrio

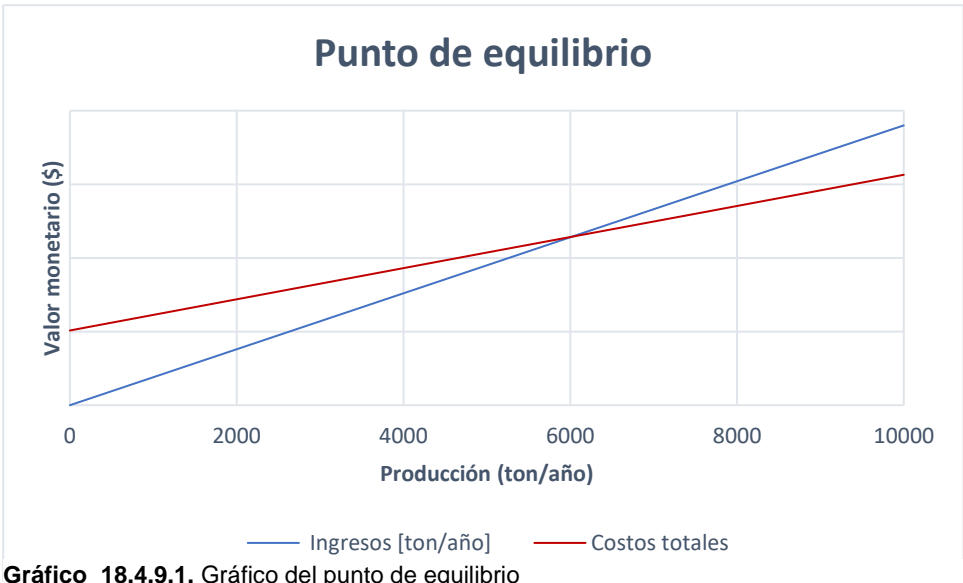


Gráfico 18.4.9.1. Gráfico del punto de equilibrio

18.4.10. Flujo libre de caja

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por ventas	9.500.000,00	14.250.000,00	19.000.000,00	19.000.000,00	19.000.000,00	19.000.000,00	19.000.000,00	19.000.000,00	19.000.000,00	19.000.000,00	19.000.000,00
Costos variables	5379200,612	8068800,919	10758401,22	10758401,22	10758401,22	10758401,22	10758401,22	10758401,22	10758401,22	10758401,22	10758401,22
Costos fijos	5.074.056,17	5.074.056,17	5.074.056,17	5.074.056,17	5.074.056,17	5.074.056,17	5.074.056,17	5.074.056,17	5.074.056,17	5.074.056,17	5.074.056,17
Beneficio bruto	-953.256,79	1.107.142,91	3.167.542,60	3.167.542,60	3.167.542,60	3.167.542,60	3.167.542,60	3.167.542,60	3.167.542,60	3.167.542,60	3.167.542,60
Devolución préstamo	-200.996,59	-200.996,59	-200.996,59	-200.996,59	-200.996,59	-200.996,59	-200.996,59	-200.996,59	-200.996,59	-200.996,59	-200.996,59
Amortizaciones	1.667.103,85	1.667.103,85	1.667.103,85	1.667.103,85	1.667.103,85	1.667.103,85	1.667.103,85	1.667.103,85	1.667.103,85	1.667.103,85	1.667.103,85
Beneficio antes de impuestos y tasas	-2.419.364,04	-358.964,35	1.701.435,34	1.701.435,34	1.701.435,34	1.701.435,34	1.701.435,34	1.701.435,34	1.701.435,34	1.701.435,34	1.701.435,34
Impuesto a las ganancias 35%	-846.777,42	-125.637,52	595.502,37	595.502,37	595.502,37	595.502,37	595.502,37	595.502,37	595.502,37	595.502,37	595.502,37
Beneficio luego de impuestos	-1.572.586,63	1.308.139,49	3.368.539,19	3.368.539,19	3.368.539,19	3.368.539,19	3.368.539,19	3.368.539,19	3.368.539,19	3.368.539,19	3.368.539,19
Inversión	-28.713.798,07										
Flujo de caja	94.517,22	1.402.656,71	4.771.195,90	8.139.735,09	11.508.274,28	14.876.813,47	18.245.352,65	21.613.891,84	24.982.431,03	28.350.970,22	
Flujo de caja acumulativo	-28.619.280,85	-28.524.763,64	-27.122.106,93	-22.350.911,03	-14.211.175,94	-2.702.901,66	12.173.911,81	30.419.264,46	52.033.156,30	77.015.587,33	

Tabla 18.4.10.1 Flujo libre de caja

Por lo tanto, como se puede observar nuestro proyecto empezará a tener ganancias a partir del séptimo año de instalada la planta. Este escenario no es malo, pero tampoco óptimo ya que lo razonable sería tener ganancias a partir del tercer año. Considerando que la planta operará al 50% en su primer año y al 75% el segundo, a partir del tercer año funcionará a máxima capacidad.

18.5. Rentabilidad del proyecto

18.5.1. Cálculo de WACC

$$WACC = K_e \cdot \frac{CAA}{CAA + D} + k_d + (1 - T) \cdot \frac{D}{D + CAA} \quad (\text{Ecuación 18.5.1.1})$$

Donde:

- K_D : Coste de deuda financiera
- CAA: Capita de accionistas
- K_e : Coste de los fondos propios
- D: Deuda bancaria
- T: Tasa de impuestos a las ganancias

$$k_e = R_f + \beta(RP - R_f) \quad (\text{Ecuación 18.5.1.2})$$

- R_f : Tasa libre de riesgo (40%)
- RP: Riesgo país (2013)
- β : Riesgo mercado de un activo

$$k_e = 0,4 + (0,213 - 0,4) \quad (\text{Ecuación 18.5.1.3})$$

Por lo tanto, k_e será de 0,2013

$$k_d = \frac{1 + r}{1 + Dev} \quad (\text{Ecuación 18.5.1.4})$$

- r: porcentaje de interés bancario (14%)
- Dev: devaluación (100%)

$$kd = \frac{1 + 0,14}{1 + 1} \quad (\text{Ecuación 18.5.1.5})$$

Por lo tanto, kd será 0,57

Entonces el resultado de WACC es de:

Cálculo de WACC	
ke	0,2013
kd	0,08
CAA (40% capital accionistas)	11485519,23
D (60% Capital financiero)	17228278,84
Tasa impositiva	0,3
WAAC	0,11412

Tabla 18.5.1.1 Cálculo de WACC

18.5.2. Cálculo de VAN

$$VAN = -A + \left[\frac{FLC1}{(1+R)^1} \right] + \left[\frac{FLC2}{(1+R)^2} \right] \left[\frac{FLC2}{(1+R)^3} \right] + \dots \left[\frac{FLCn}{(1+R)^N} \right] \quad (\text{Ecuación 18.5.2.1})$$

Por lo tanto, el resultado de VAN es de 84.835,76 si seguimos la premisa de que:

SI VAN > 0 el proyecto resulta ser rentable

SI VAN < 0 el proyecto resulta ser no rentable

Entonces nuestro proyecto resulta ser rentable

18.5.3. Cálculo de TIR

$$VAN = -A + \left[\frac{FLC1}{(1+TIR)^1} \right] + \left[\frac{FLC2}{(1+TIR)^2} \right] \left[\frac{FLC2}{(1+TIR)^3} \right] + \dots \left[\frac{FLCn}{(1+TIR)^N} \right] \quad (\text{Ecuación 18.5.3.1})$$

Planteando el TIR mediante Excel, el mismo resulta ser de 5,30%.




Por lo tanto, nuestro TIR es mayor a nuestro WACC esto significa que nuestro proyecto es aceptable. Cabe destacar que nuestro TIR resulta ser bajo, además la ganancia del proyecto ocurrirá a partir del séptimo año esto significa una alarma para ver de cerca el proyecto y ver si se pueden realizar ciertas mejoras al mismo para poder elevar el TIR y reducir el tiempo de obtención de ganancias.

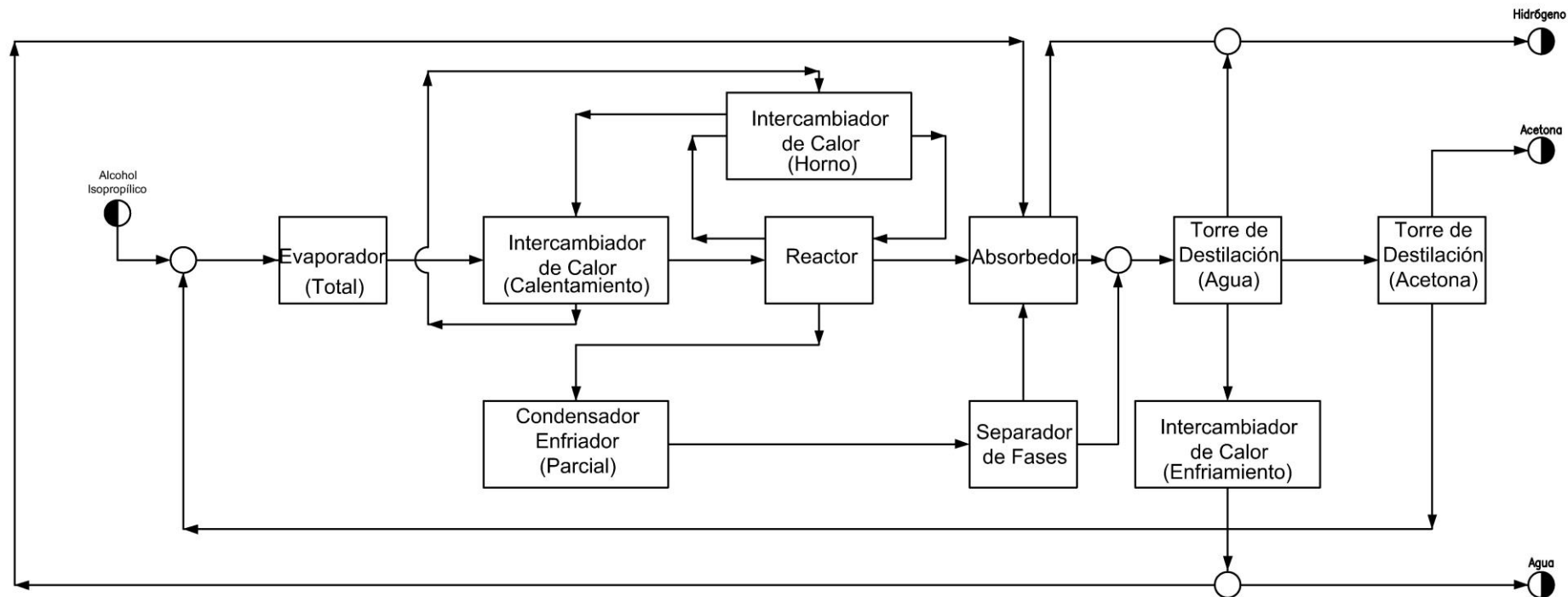
19. ANEXOS


19.1. Anexo I-Diagrama de Bloques

Simbología

Etiquetas

-  Entrada de Reactivos/Productos al sistema
-  Salida de Reactivos/Productos del sistema
-  Punto Mezcla



Proyectó	Aprobó	UTN-IV-PF-PADAI-DDB	
GG		Producción de Acetona a partir de la deshidrogenación de IPA	
Revisión		Integración V	
		Proyecto FINAL	

19.2. Anexo II-Flowsheet

Simbología

Tipo de Líneas

Corriente de proceso →

Señal eléctrica - - -

Instrumentación

Válvula de control

Placa Orificio

Etiquetas

N° Corriente

Presión(atm)

Temperatura(°C)

Entrada de Reactivos/Productos al sistema

Salida de Reactivos/Productos del sistema

R: Reactor

P: Bomba

T: Columna

E: Intercambiador de calor

V: Tanque/Válvula

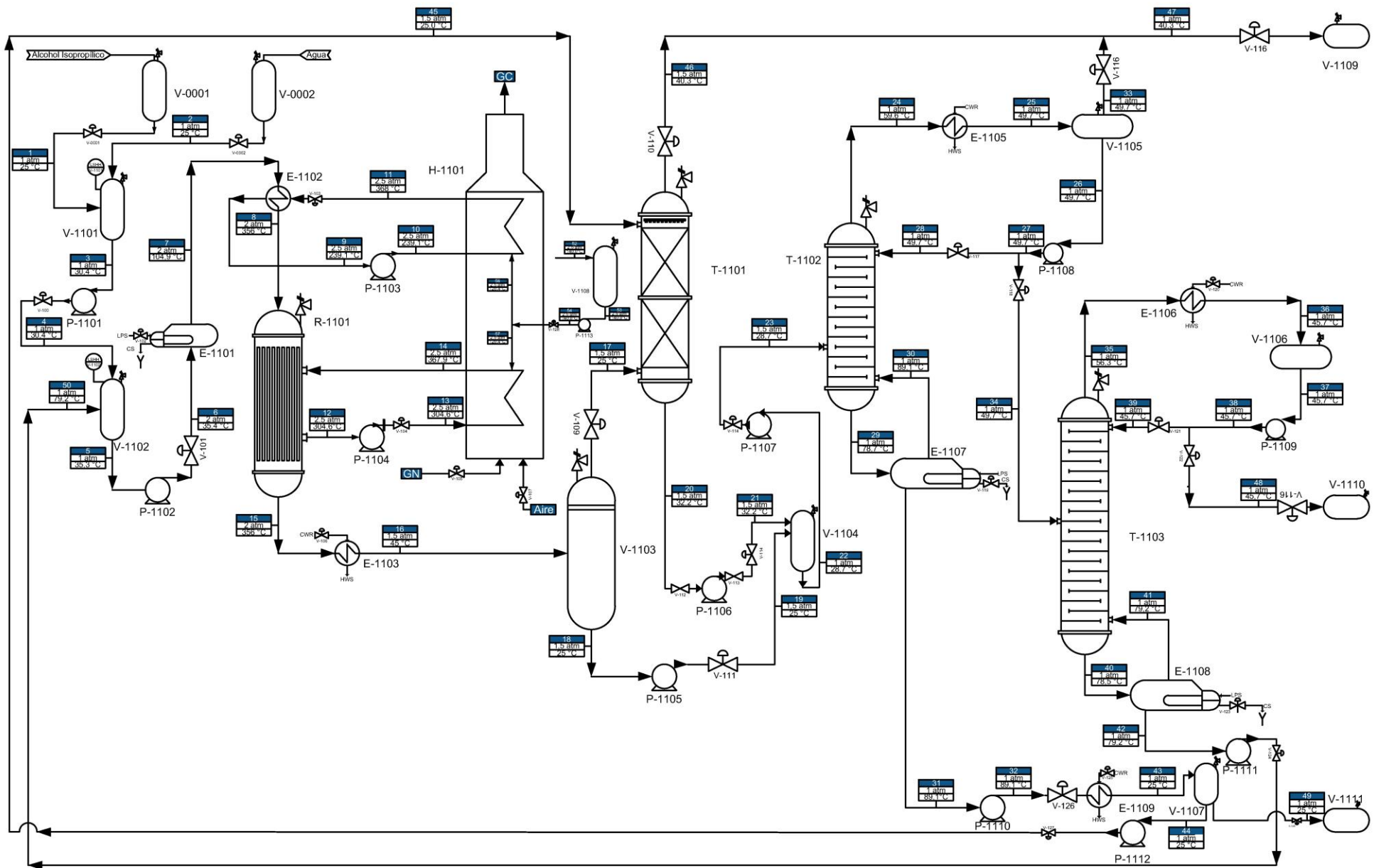
CWR: Agua de enfriamiento

HWS: Agua Caliente

LPS: Vapor de baja presión

GN: Gas Natural

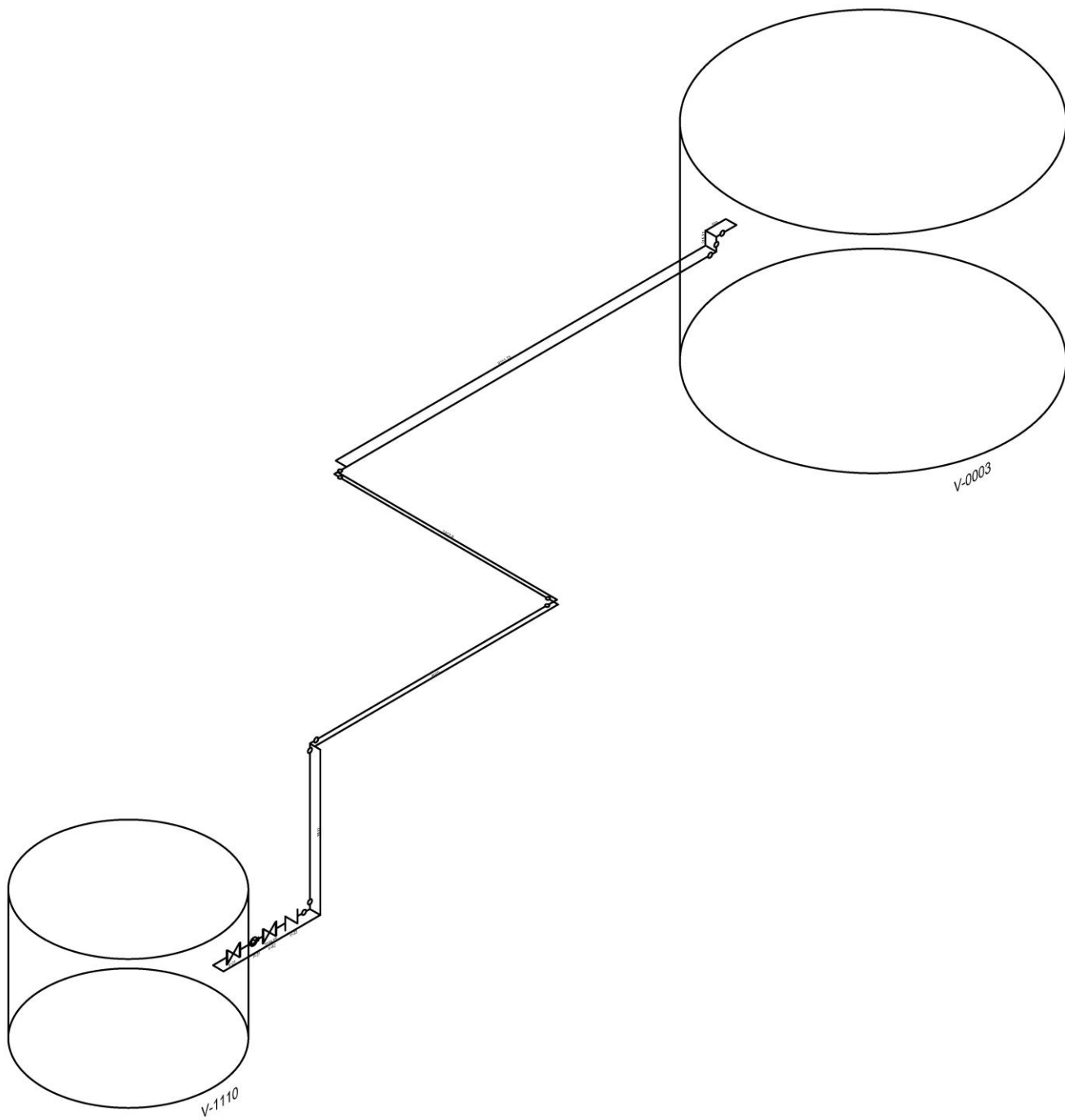
GC: Gases de combustión



Proyectó	Aprobó	UTN-IV-PF-PADAI-FS	
GG		Producción de Acetona a partir de la deshidrogenación de IPA	
Revisión		Integración V	
		Proyecto FINAL	

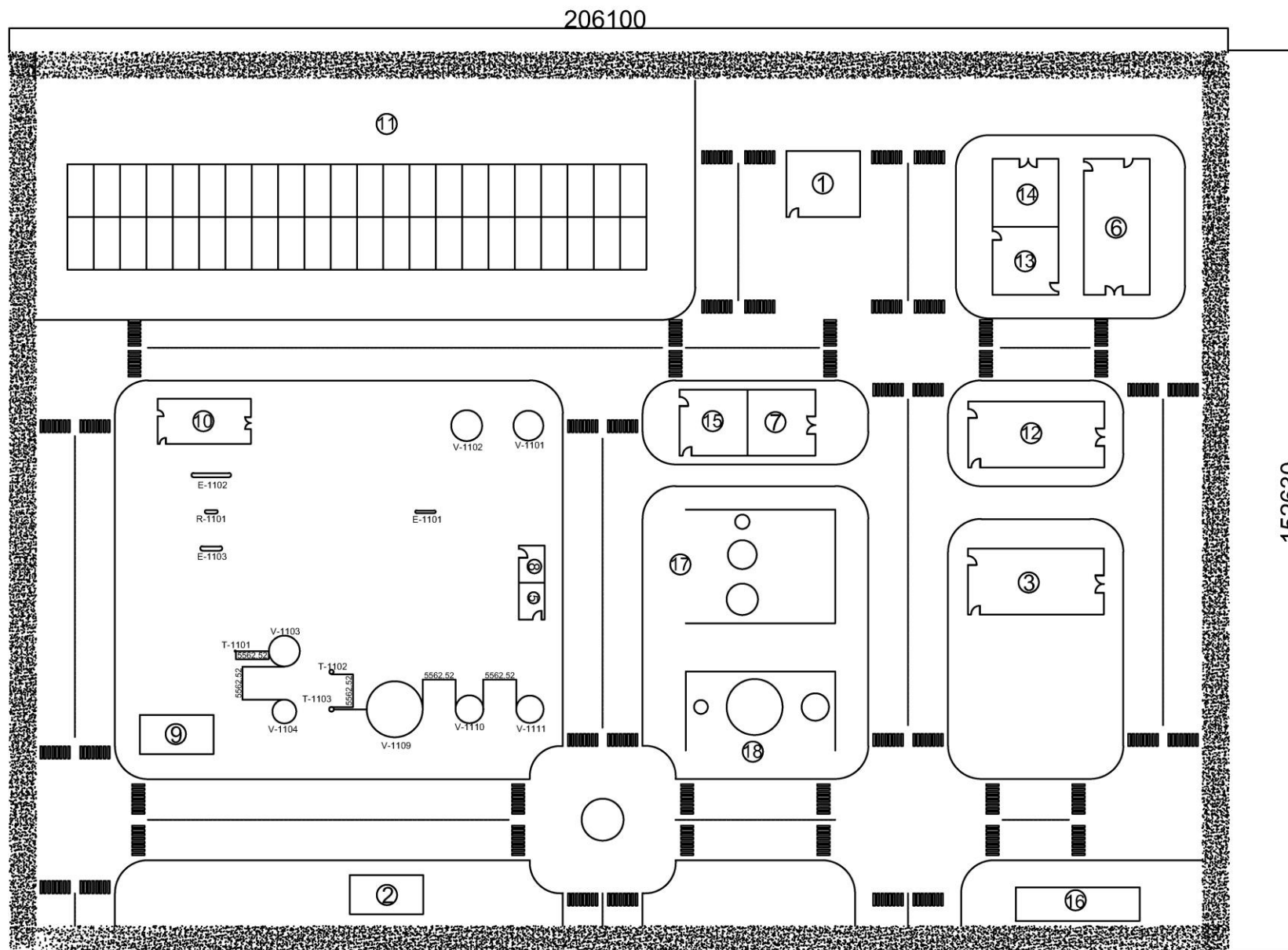
19.3. Anexo III-P&ID

19.4. Anexo IV-Isométrico



19.5. Anexo V-LAYOUT

LAYOUT



1. Recepción de materiales y embarques de producto terminado
2. Brigada
3. Almacén productos inflamables
4. Departamento de producción
5. Control de calidad
6. Comedor
7. Pañol
8. Laboratorio
9. Servicios auxiliares
10. Sala de control
11. Estacionamiento
12. Sanitarios
13. Enfermería
14. Oficinas Administrativas
15. Mantenimiento
16. Tratamiento de efluentes
17. Almacenamiento de Materia prima
18. Almacenamiento Producto

UTN-IV-PF-PADAI-LO

Producción de Acetona a partir de la
deshidrogenación de IPA

Integración V

Proyecto FINAL

19.6. Anexo V-Balance de Materia

Balance de masa

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Desde		B10	B12	V-1101	P-1101	V-1102	P-1102	E-1101	E-1102	E-1102	P-1103	B5
Hasta		V-1101	V-1101	P-1101	V-1102	P-1102	E-1101	E-1102	R-1101	P-1103	B5	E-1102
Estado		Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	C	25,0	25,0	30,4	30,4	35,3	35,4	104,9	356,0	239,1	239,1	368,0
Presión	atm	1	1	1	1	1	2	2	2	2,5	2,5	2,5
Fracción de vapor máscica		0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Fracción de líquido máscica		1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1

Caudal Máscico

Caudal Máscico	kg/h	200,45	1357,63	1558,09	1558,09	1730,61	1730,61	1730,61	1730,61	6350,29	6350,29	6350,29
Alcohol Isopropílico	kg/h	0,00	1357,63	1357,63	1357,63	1505,82	1505,82	1505,82	1505,82	0,00	0,00	0,00
Acetona	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	1,14	1,14	1,14	0,00	0,00	0,00
Hidrógeno	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agua	kg/h	200,45	0,00	200,45	200,45	223,65	223,65	223,65	223,65	0,00	0,00	0,00
Nitrato de Sodio	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3541,68	3541,68	3541,68
Nitrato de Potasio	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2808,61	2808,61	2808,61
Metano	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO2	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O2	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NITROGEN	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fracción máscica

Alcohol Isopropílico	0,00000	1,00000	0,87135	0,87135	0,87011	0,87011	0,87011	0,87011	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Acetona	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00066	0,00066	0,00066	0,00066	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Hidrógeno	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Agua	1,00000	0,00000	0,12865	0,12865	0,12923	0,12923	0,12923	0,12923	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nitrato de Sodio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,55772	0,55772	0,55772	0,55772
Nitrato de Potasio	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,44228	0,44228	0,44228	0,44228
Metano	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
CO2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
O2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nitrógeno	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Caudal Volumétrico

Caudal Volumétrico	m3/s	5,60E-05	4,80E-04	5,36E-04	5,36E-04	5,99E-04	6,00E-04	1,62E-01	2,69E-01	4,05E-03	4,05E-03	4,23E-03
--------------------	------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Balance de masa

		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Desde		R-1101	P-1104	B4	R-1101	B8	V-1103	V-1103	P-1105	T-1101	P-1106	V-1104
Hasta		P-1104	B4	R-1101	B8	V-1103	T-1101	P-1105	V-1104	P-1106	V-1104	P-1107
Estado		Líquido	Líquido	Líquido	Vapor	Mixed	Vapor	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	C	304,6	304,6	367,9	356,0	45,0	25,0	25,0	25,0	32,2	32,2	28,7
Presión	atm	3	3	3	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1
Fracción de vapor másica		0	0	0	1	0,412521529	1	0	0	0	0	0
Fracción de líquido másica		1	1	1	0	0,587478471	0	1	1	1	1	1

Caudal Másico

Caudal Másico	kg/h	18143,69	18143,69	18143,69	1730,61	1730,61	281,78	1448,83	1448,83	218,41	218,41	1667,26
Alcohol Isopropílico	kg/h	0,00	0,00	0,00	172,50	172,50	8,57	163,93	163,93	6,95	6,95	170,88
Acetona	kg/h	0,00	0,00	0,00	1289,74	1289,74	222,23	1067,51	1067,51	77,25	77,25	1144,77
Hidrógeno	kg/h	0,00	0,00	0,00	44,73	44,73	44,71	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02
Agua	kg/h	0,00	0,00	0,00	223,65	223,65	6,27	217,38	217,38	134,21	134,21	351,60
Nitrato de Sodio	kg/h	10119,09	10119,09	10119,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitrato de Potasio	kg/h	8024,60	8024,60	8024,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO2	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O2	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NITROGEN	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fracción másica

Alcohol Isopropílico		0,00000	0,00000	0,00000	0,09967	0,09967	0,03040	0,11315	0,11315	0,03180	0,03180	0,10249
Acetona		0,00000	0,00000	0,00000	0,74525	0,74525	0,78868	0,73680	0,73680	0,35368	0,35368	0,68661
Hidrógeno		0,00000	0,00000	0,00000	0,02584	0,02584	0,15868	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
Agua		0,00000	0,00000	0,00000	0,12923	0,12923	0,02224	0,15004	0,15004	0,61451	0,61451	0,21088
Nitrato de Sodio		0,55772	0,55772	0,55772	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nitrato de Potasio		0,44228	0,44228	0,44228	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Metano		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
CO2		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
O2		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nitrógeno		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Caudal Volumétrico

Caudal Volumétrico	m3/s	1,18E-02	1,18E-02	1,21E-02	4,28E-01	1,69E-01	1,20E-01	4,95E-04	4,95E-04	6,79E-05	6,79E-05	5,97E-04
--------------------	------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Balance de masa

		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
Desde		P-1107	T-1102	B6	V-1105	P-1108	B9	T-1102	T-1102	T-1102	P-1111	T-1102	
Hasta		T-1102	V-1105		P-1108	B9				P-1111	E-1109	M1	
Estado		Líquido	Vapor	Mixed	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Vapor	Líquido	Líquido	Vapor	
Temperatura	C	28,7	59,6		49,7	49,7	49,7	49,7	78,7	89,1	89,1	89,1	49,7
Presión	atm	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fracción de vapor másica		0	1	0,000299402	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Fracción de líquido másica		1	0	0,999700598	1	1	1	1	1	0	1	1	0

Caudal Másico

Caudal Másico	kg/h	1667,26	3934,98	3886,26	3933,81	3933,81	2629,52	2374,36	2027,33	347,03	347,03	1,16
Alcohol Isopropílico	kg/h	170,88	448,78	443,22	448,71	448,71	299,94	1206,85	1186,50	20,36	20,36	0,07
Acetona	kg/h	1144,77	3406,66	3364,49	3405,59	3405,59	2276,44	102,38	100,63	1,75	1,75	1,07
Hidrógeno	kg/h	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Agua	kg/h	351,60	79,52	78,53	79,50	79,50	53,14	1065,13	740,21	324,92	324,92	0,01
Nitrato de Sodio	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitrato de Potasio	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO2	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O2	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NITROGEN	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fracción másica

Alcohol Isopropílico		0,10249	0,11405	0,11405	0,11407	0,11407	0,11407	0,50828	0,58525	0,05866	0,05866	0,05708
Acetona		0,68661	0,86574	0,86574	0,86572	0,86572	0,86572	0,04312	0,04963	0,00506	0,00506	0,91850
Hidrógeno		0,00001	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01199
Agua		0,21088	0,02021	0,02021	0,02021	0,02021	0,02021	0,44860	0,36511	0,93629	0,93629	0,01243
Nitrato de Sodio		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nitrato de Potasio		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Metano		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
CO2		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
O2		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nitrógeno		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Caudal Volumétrico

Caudal Volumétrico	m3/s	5,66E-04	5,35E-01	1,62E-03	1,43E-03	1,43E-03	9,59E-04	8,13E-04	5,17E-01	1,06E-04	1,06E-04	2,00E-04
--------------------	------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Balance de masa

		34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Desde		T-1102	T-1103	B7	V-1106	P-1109	B11	T-1103	T-1103	T-1103	E-1109	M2
Hasta		T-1103	V-1106		P-1109	B11				P-1110	V-1107-1	P-1112
Estado		Líquido	Vapor	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Vapor	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	C	49,7	56,3	45,7	45,7	45,7	45,7	78,5	79,2	79,2	25,0	25,0
Presión	atm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fracción de vapor másica		0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Fracción de líquido másica		1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Caudal Másico												
Caudal Másico	kg/h	1319,06	3093,70	1947,16	3093,68	3093,68	1948,40	2064,35	1891,82	172,53	347,03	160,27
Alcohol Isopropílico	kg/h	150,46	6,11	3,85	6,11	6,11	3,85	1741,46	1593,27	148,19	20,36	9,40
Acetona	kg/h	1141,94	3078,23	1937,43	3078,21	3078,21	1938,66	46,02	44,87	1,14	1,75	0,81
Hidrógeno	kg/h	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agua	kg/h	26,66	9,35	5,88	9,35	9,35	5,89	276,87	253,68	23,19	324,92	150,06
Nitrato de Sodio	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitrato de Potasio	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metano	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO2	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O2	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NITROGEN	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fracción másica												
Alcohol Isopropílico		0,11407	0,00198	0,00198	0,00198	0,00198	0,00198	0,84359	0,84219	0,85895	0,05866	0,05866
Acetona		0,86572	0,99500	0,99500	0,99500	0,99500	0,99500	0,02229	0,02372	0,00662	0,00506	0,00506
Hidrógeno		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Agua		0,02021	0,00302	0,00302	0,00302	0,00302	0,00302	0,13412	0,13409	0,13443	0,93629	0,93629
Nitrato de Sodio		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nitrato de Potasio		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Metano		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
CO2		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
O2		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nitrógeno		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Caudal Volumétrico												
Caudal Volumétrico	m3/s	4,81E-04	4,03E-01	7,08E-04	1,13E-03	1,13E-03	7,09E-04	7,66E-04	3,32E-01	6,41E-05	9,85E-05	4,55E-05

Balance de masa

		45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
Desde		P-1112	T-1101	M1	T-1103	M2	P-1110		V-1108	B3	B2	B2
Hasta		T-1101	M1				V-1102	V-1108	B3	B2		
Estado		Líquido	Vapor	Vapor	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido	Líquido
Temperatura	C	25,0	40,2	40,3	45,7	25,0	79,2	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0
Presión	atm	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fracción de vapor másica		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fracción de líquido másica		1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Caudal Másico

Caudal Másico	kg/h	160,27	223,64	224,81	1146,53	186,76	172,53	24493,99	24493,99	24493,99	18143,69	6350,29
Alcohol Isopropílico	kg/h	9,40	11,02	11,09	2,27	10,95	148,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acetona	kg/h	0,81	145,80	146,87	1140,80	0,94	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hidrógeno	kg/h	0,00	44,71	44,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agua	kg/h	150,06	22,11	22,13	3,46	174,86	23,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitrato de Sodio	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13660,78	13660,78	13660,78	10119,09	3541,68
Nitrato de Potasio	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10833,21	10833,21	10833,21	8024,60	2808,61
Metano	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO2	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
O2	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NITROGEN	kg/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fracción másica

Alcohol Isopropílico		0,05866	0,04928	0,04932	0,00198	0,05866	0,85895	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Acetona		0,00506	0,65192	0,65330	0,99500	0,00506	0,00662	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Hidrógeno		0,00000	0,19992	0,19894	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Agua		0,93629	0,09888	0,09843	0,00302	0,93629	0,13443	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nitrato de Sodio		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,55772	0,55772	0,55772	0,55772	0,55772
Nitrato de Potasio		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,44228	0,44228	0,44228	0,44228	0,44228
Metano		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
CO2		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
O2		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Nitrógeno		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Caudal Volumétrico

Caudal Volumétrico	m3/s	4,55E-05	1,24E-01	1,87E-01	4,17E-04	5,30E-05	6,41E-05	1,51E-02	1,51E-02	1,51E-02	1,12E-02	3,92E-03
--------------------	------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

19.7. Anexo VI-Balance de energía

Temperatura	C
Presión	atm
Caudal másico	kg/hr
Entalpía másica	kJ/kg
ΔH	kJ/h
Q	KW

IPA	1	AGUA	2	1	2	3	3	4	4	50	5	5	6	6	7
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
V-0001		V-0002		V-1101		P-1101		V-1102		P-1102		E-1101			
25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	30,36	30,36	30,36	30,36	79,23	35,28	35,28	35,39	35,39	104,90
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
1357,63053	200,45494	200,45494	1357,63053	200,45494	1357,63053	1558,08547	1558,08547	1558,08547	1558,08547	172,56329	1730,64876	1730,64876	1730,64876	1730,64876	1730,64876
-5294,55673	-15864,3198	-15864,3198	-5294,55673	-15864,3198	-5294,55673	-6654,40589	-6654,40589	-6654,40589	-6654,40589	-6509,08193	-6639,91561	-6639,91561	-6639,48827	-6639,48827	-5543,59061
4007970,619		-4007970,619		-10368133,16		-10368133,2	0,00			-11491361,75	-11491361,7	739,5724054		1896613,943	
1113,325172		-1113,325172		0,00		0,00				1,0348E-12		0,205436779		526,8372064	

Temperatura	C
Presión	atm
Caudal másico	kg/hr
Entalpía másica	kJ/kg
ΔH	kJ/h
Q	KW

7	8	8	15	15	16	16	17	18	17	45	20	46	18	19	20	21
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Salida
E-1102		R-1101		E-1103		V-1103		T-1101		P-1105		P-1106				
104,90	356,00	356,00	356,00	356,00	45,00	45,00	25,00	25,00	25,00	25,04	32,17	40,24	25,00	25,00	32,17	32,17
2	2	2	1,99999607	1,99999607	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
1730,64876	1730,64876	1730,64876	1730,64876	1730,64876	1730,64876	1730,64876	281,785961	1448,8628	281,7859611	160,254022	218,408364	223,631619	1448,8628	1448,8628	218,408364	218,408364
-5543,59061	-4999,3747	-4999,3747	-4233,7716				-5454,70857	-3365,22752	-6185,5733	-3365,227523	-15199,6674	-11489,871	-3910,88652	-6185,5733	-6185,5733	-11489,871
941846,6134		1324990,029					-9440184,64	-9910320,937				-0,090380681		0		0
261,6240593		368,052786		547,7			-130,5934152					-2,51057E-05		0		0

		19	21	22	24	25	25	33	26	26	27	29	30	31	35	36	36	37
		Entrada	Salida		Entrada	Salida	Entrada	Salida				Entrada	Salida				Entrada	Salida
		V-1104			E-1105			V-1105			P-1108		E-1107			E-1106		V-1106
Temperatura	C	25,00	32,17	28,66	59,61	49,67	49,67	49,67	49,67	49,67	49,67	78,69	89,12	89,12	56,26	45,73	45,73	46,45
Presión	atm	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caudal másico	kg/hr	1448,8628	218,408364	1667,21209			3886,30007	1,16349819	3933,79811	3933,79811	3933,79811						1944,77958	3091,25216
Entalpía másica	kJ/kg	-6185,5733	-11489,871	-6880,56043			-4529,66004	-3798,72652	-4529,87894	-4529,87894	-4529,87894						-4241,31396	-4239,63967
ΔH	KJ/h		-5018790,363			-2264245,2		-220430,8543		0			2580164,718		-1667364,764		-4857374,472	
Q	KW		-1394,108434			-628,957		-61,23079286		0			716,7124218		-463,1568788		-1349,270687	

		37	38	40	41	42	31	32	32	43	43	44	49	44	45	52	53	54
		Entrada	Salida	Entrada	Salida	Salida	Entrada	Salida		Entrada	Salida	Salida			Entrada	Salida	Salida	
		P-1109			E-1108			P-1110		E-1109		V-1107		P-1112		V-1108		
Temperatura	C	46,45	46,45	78,45	79,2	79,23	89,12	89,12	89,1	25,0	25,00	25,00	25,00	25,00	25,04	140,00	140,00	140,00
Presión	atm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1	1	1
Caudal másico	kg/hr	3091,25216	3091,25216			172,56329	346,991373	346,991373			346,991373	160,254022	186,737351	160,254022	160,254022	24493,988	24493,988	18143,6948
Entalpía másica	kJ/kg	4239,63967	4239,63967			6509,08193	14916,3381	14916,3381			15199,8424	15199,8424	15199,8424	15199,8424	15199,6674	189,65704	189,65704	-189,65704
ΔH	KJ/h	0		1656662,625			0		1667364,764		0			28,04616853		-3441079,443		
Q	KW	0		460,1840624					463,1568788		0			0,007790602		-955,8554007		

19.8. Anexo VII-Tablas utilizadas

TABLA 9. DISPOSICION DE LOS ESPEJOS DE TUBOS (CUENTA DE TUBOS). ARREGLO EN CUADRO

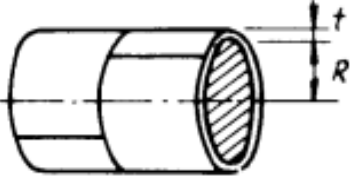
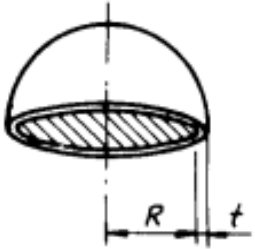
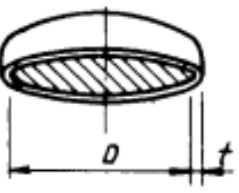
Tubos de $\frac{3}{4}$ " DE, arreglo en cuadro de 1 plg						Tubos de 1" DE, arreglo en cuadro de $1\frac{1}{4}$ plg					
Coraza DI, plg	1-P	2-P	4-P	6-P	S-P	Coraza DI, plg	1-P	2-P	4 P	6-P	8-P
8	32	26	20	20		8	21	16	14		
10	52	52	40	36		10	32	32	26	24	
12	81	76	68	68	60	12	48	45	40	38	36
13%	97	90	82	76	70	13$\frac{1}{4}$	61	56	52	48	44
15$\frac{1}{4}$	137	124	116	108	108	15$\frac{1}{4}$	81	76	68	68	64
17$\frac{1}{4}$	177	166	158	150	142	17$\frac{1}{4}$	112	112	96	90	82
19$\frac{1}{4}$	224	220	204	192	188	19$\frac{1}{4}$	138	132	128	122	116
21$\frac{1}{4}$	277	270	246	240	234	21$\frac{1}{4}$	177	166	158	152	148
23$\frac{1}{4}$	341	324	308	302	292	23$\frac{1}{4}$	213	208	192	184	184
25	413	394	370	356	346	25	260	252	238	226	222
27	481	460	432	420	408	27	300	288	278	268	260
29	553	526	480	468	456	29	341	326	300	294	286
31	657	640	600	580	560	31	406	398	380	368	358
33	749	718	688	676	648	33	465	460	432	420	414
35	845	824	780	766	748	35	522	518	488	484	472
37	934	914	886	866	838	37	596	574	562	544	532
39	1049	1024	982	968	948	39	665	644	624	612	600

Tubos de $1\frac{1}{4}$ " DE, arreglo en cuadro de $1\frac{9}{16}$ plg						Tubos de $1\frac{1}{2}$ " DE, arreglo en cuadro de $1\frac{7}{8}$ plg					
10	16	12	10			12	16	16	12	12	
12	30	24	22	16	16	13$\frac{1}{4}$	22	22	16	16	
13$\frac{1}{4}$	32	30	30	22	22	15$\frac{1}{4}$	29	29	25	24	22
15$\frac{1}{4}$	44	40	37	35	31	17$\frac{1}{4}$	39	39	34	32	29
17%	56	53	51	48	44	19$\frac{1}{4}$	50	48	45	43	39
19%	78	73	71	64	56	21$\frac{1}{4}$	62	60	57	54	50
21$\frac{1}{4}$	96	90	86	82	78	23$\frac{1}{4}$	78	74	70	66	62
23$\frac{1}{4}$	127	112	106	102	96	25	94	90	86	84	78
25	140	135	127	123	115	27	112	108	102	98	94
27	166	160	151	146	140	29	131	127	120	116	112
29	193	188	178	174	166	31	151	146	141	138	131
31	226	220	209	202	193	33	176	170	164	160	151
33	258	252	244	238	226	35	202	196	188	182	176
35	293	287	275	268	258	37	224	220	217	210	202
37	334	322	311	304	293	39	252	246	237	230	224
39	370	362	348	342	336						

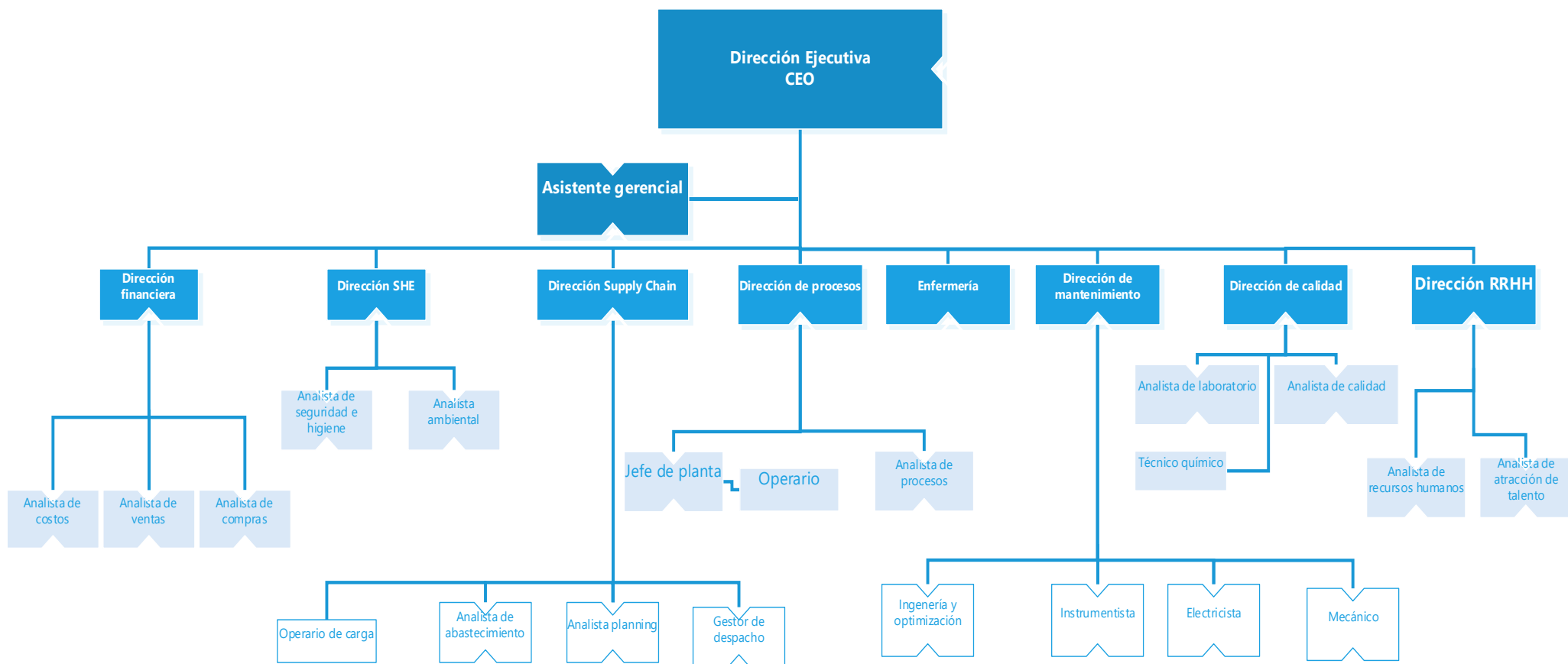
PRESION INTERNA

FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES INTERIORES

P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg²
S = Valor del esfuerzo del material, lb/pulg², página 159
E = Eficiencia de la junta, página 142
R = Radio interior, pulgadas
D = Diámetro interior, pulgadas
t = Espesor de pared, pulgadas
C.A. = Margen por corrosión, pulgadas

A 	CASCO CILINDRICO (COSTURA LONGIT.)¹ <div> $t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$ $P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$ </div> <ol style="list-style-type: none"> 1. Generalmente rige el esfuerzo en la costura longitudinal. Ver página anterior. 2. Cuando el espesor de pared exceda de la mitad del radio interior o P exceda de 0.385 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice del Código, 1-2.
B 	ESFERA Y CABEZA HEMISFERICO <div> $t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$ $P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$ </div> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para las cabezas sin brida recta, úsese la eficiencia de la junta de la cabeza al casco si es menor que la eficiencia de las costuras de la cabeza. 2. Cuando el espesor de pared exceda de 0.356 R, o P exceda de 0.665 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice 1-3 de las normas.
C 	CABEZA ELIPSOIDAL 2:1 <div> $t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$ $P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$ </div> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para las cabezas elipsoidales cuya relación del eje mayor al eje menor sea diferente de 2:1, véase el Apéndice 1-4 (c) de las normas.

19.9. Anexo VIII-Organigrama



19.10. Anexo IV-Safety sheet

1. Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

1.1. Product identifier

Acetone EC No. 200-662-2

1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Household Solvent

1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

Thornton & Ross Ltd, Linthwaite, Huddersfield, HD7 5QH

Tel: 01484 842217 Fax: 01484 847301 Email: sds@thorntonross.com

1.4

Emergency telephone number:

Out of normal working hours: +44 870 8510207

2. Hazards identification

2.1. Classification of the substance or mixture

According to Regulation EC 1272/2008 classified as Flammable Liquid Category 2, Eye Irritant Category 2, Specific Target Organ Toxicity Single Exposure Category 3.

2.2. Label element

GHS Pictogram



Signal Word
Danger

Hazard Class

Flammable Liquids, Category 2

Eye Irritation, Category 2

Specific Target Organ Toxicity-Single Exposure, Category 3

Hazard Statements

H225: Highly flammable liquid and vapour.

No smoking.

H319: Causes serious eye irritation

Precautionary statements

P210: Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces –

– continue rinsing.

P305+351+338: IF IN EYES: Rinse cautiously with

water for several minutes. Remove contact lenses if present and easy to do

P337+313: Get medical advice/attention.

P403: Store in a well ventilated place.

Supplemental Hazard Information (EU)

EUH066: Repeated exposure may cause skin dryness or cracking

2.3. Other hazards

N/A

3. Composition/information on ingredients

3.1. Substances

<i>Substance</i>	<i>CAS- No</i>	<i>Percentage %</i>
Acetone	67-64-1	>99

4. First aid measures

4.1. Description of first aid measures

Eyes –immediately flood the eye with plenty of water for at least 15 minutes and get medical attention.

Ingested – wash out mouth with water. Do not induce vomiting. Keep warm and at rest. Get medical attention urgently.

Skin – remove contaminated clothing and wash skin thoroughly with water. If irritation persists get medical advice.

Inhalation –Remove from exposure. Keep warm and at rest and get medical attention.

4.2. Most important symptoms and effects, both acute and delayed

Causes redness and pain in the eyes. Inhalation can cause headache, dizziness or drowsiness.

4.3. Indication of any immediate medical attention and special treatment needed If not sure about any symptoms contact a doctor or emergency service.

5. Fire fighting measures

5.1. Extinguishing media

Suitable extinguishing media – water spray, alcohol resistant foam, dry chemicals or carbon dioxide.

Unsuitable extinguishing media – Do not use water jet.

5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Combustion will generate oxides of carbon. Fire creates toxic gases/ vapours/fumes of carbon monoxide (CO) and Carbon dioxide (CO₂)

Advice for fire-fighters

5.3. Wear self contained breathing apparatus.

6. Accidental release measures

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Wear appropriate protective clothing (see Section 8), consider need for evacuation. Eliminate all source of ignition.

6.2. Environmental precautions

Prevent material entering drains and watercourses. Advise local authorities if spillage has entered watercourses and sewer.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Contain and absorb using inert material and transfer into suitable containers for recovery or disposal by a licensed waste contractor.

6.4. Reference to other sections

See section 8 for protective equipment requirements.

7. Handling and storage

7.1. Precautions for safe handling

Use in well ventilated area. Avoid inhaling vapour. Avoid contact with eyes, skin and clothing. Keep container tightly closed when not in use.

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Storage should be cool, well ventilated away from sources of ignition or heat. Prevent accumulation of static charge. Store in original packaging.

7.3. Specific end use(s)

N/A

8. Exposure controls/personal protection

8.1. Control parameters

Long term exposure limit 500ppm (1207 mg/m³)

Short term exposure limit 1500ppm (3620 mg/m³)

8.3. Exposure controls

Engineering Controls – Explosion proof general and local exhaust ventilation.

Eye/face Protection – chemical goggles or face shield *Hand protection* –

Viton rubber or PVA gloves.

Skin protection – overalls must be worn when handling large quantities.

Other protection – prevent skin contact.

Respiratory protection – if high vapour concentrations wear respiratory protection.

9. Physical and chemical properties

9.1. Information on basic physical and chemical properties

Appearance – A clear, colourless liquid

Boiling point – 56°C

Odour – Acetone, Ketone

Flash point – -18°C (closed cup)

pH – 7

Evaporation rate – 7.70

Melting Point/freezing point – (-95°C)

Flammability – highly flammable

Flammability limit % (Upper) – 13.30

Vapour pressure – 24.7 kPa

Flammability limit % (lower) – 2.15

Vapour density (air=1) – 2

Relative density – 0.79 @20 °C

Solubility – soluble in water

Partition coefficient – not available

Auto ignition temperature – not available

Decomposition temperature – not available

Viscosity – not available

Explosive properties – not available

Oxidising properties – not available

9.2. Other information

Not available

10. Stability and reactivity

10.1. Reactivity

Reacts vigorously with oxidising agents.

10.2. Chemical stability

Stable under normal ambient temperature conditions.

10.3. Possibility of hazardous reactions

Hazardous polymerisation will not occur.

10.4. Conditions to avoid

Avoid heat, flames and other sources of ignition.

10.5. Incompatible materials

Strong oxidising substances. Strong acids.

10.6. Hazardous decomposition products

Not known

11. Toxicological information

11.1. Information on toxicological effects

Acute toxicity – LD50 (oral rat) 9570mg/kg.

Ingestion may cause severe internal injury and stomach pain or vomiting.

Skin corrosion/irritation – prolonged or repeated skin contact with the product may cause removal of natural fats from the skin, resulting in non allergic contact dermatitis and absorption through skin.

Serious eye damage/irritation – Irritation to eyes and may cause redness and pain.

Respiratory or skin sensitization – not known.

Germ cell mutagenicity – No component of this product at levels greater than 0.1% is classified by established regulatory criteria as a mutagen.

Carcinogenicity – No component of this product at levels greater than 0.1% is identified as a carcinogen by AGGIH, the International Agency for Research of Cancer (IARC) or the European Commission (EC). Classified A4 by ACGIH (Acetone).

Reproductive toxicity – No component of this product at levels greater than 0.1% is classified by established regulatory criteria as a reproductive toxin.

STOT- single exposure –vapours may cause drowsiness or dizziness. Vapours may irritate respiratory system or lungs, CNS depressant. Symptoms and signs include headache, dizziness, fatigue, muscular weakness and in extreme cases loss of consciousness.

STOT-repeated exposure – not known

Aspiration hazard – not known

12. Ecological information

12.1. Toxicity

The product is non toxic to aquatic organisms. LC50> 5500 mg/l 96h (fish), EC50 > 10022 mg/l (daphnia)

12.2. Persistence and degradability

The product is readily biodegradable in aerobic system. BOD5 is 38-56% ThOD, BOD20 is 76-84% ThOD.

12.3. Bioaccumulative potential

The product is not expected to bioaccumulate through food chains in the environment.

12.4. Mobility in soil

The product is poorly absorbed onto soils or sediments.

12.5. Results of PBT and vPvB assessment Not known

12.6. Other adverse effects Not known

13. Disposal considerations

13.1. Waste treatment methods

Dispose of waste and residues in accordance with local authority requirements. This material and its container must be disposed as hazardous waste.

14. Transport information

14.1. UN number

1090

14.2. UN proper shipping name

Acetone

14.3. Transport hazard class (es)

3

14.4. Packing group

II

14.5. Environmental hazards

None

14.6. Special precautions for user

Flammable liquid.

14.7. Transport in bulk according to Annex II of MARPOL73/78 and the IBC Code

N/A

15. Regulatory information

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture
Not regulated by specific legislation.

15.2. Chemical Safety Assessment
Not available

16. Other information

16.1. Reason for change Update to CLP.

16.2. Source of information
Supplier's safety data sheet.

20. Bibliografía

- [1] Wiley-VCH, "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry," *Reference Services Review*, vol. 16, no. 4. Wiley-VCH, pp. 31–34, 2005. doi: 10.1108/eb049034.
- [2] G. B. Urbina, *Evaluación de proyectos*, Sexta. 2010.
- [3] I. Markit, "IHS Markit," 2020.
- [4] P. I. y L.-P. de las Palmas, "Parque Industrial y Logístico - Paraná de las Palmas," 2022.
- [5] R. S. Romero, "Ingeniería Básica de una Planta de Producción de Fenol," 2019.
- [6] W. L. Luyben, "Design and control of the acetone process via dehydrogenation of 2-propanol," *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 50, no. 3, pp. 1206–1218, 2011, doi: 10.1021/ie901923a.
- [7] Kirk and Othmer, "A to Alkaloids," *Encyclopedia of Chemical Technology*. 1990.
- [8] R. Turton and J. A. S. D. Bhattacharyya, *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, Fifth Edit. Pearson Education, Inc, 2018.
- [9] J. A. S. D. B. Richard Turton, *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*, Fifth Edit. Pearson Education, Inc, 2018.
- [10] D. S. Sastre, "Diseño de una planta para la producción de acetona a partir de isopropanol," 2021. [Online]. Available: repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5910/2/112432.pdf
- [11] W. Galeon, J. D. Richardson, R. U. S. A. Data, and P. E. H. Reamer, "United States Patent (19)," no. 19, 1984.
- [12] C. H. Bartholomew, "Mechanisms of catalyst deactivation," *Appl. Catal. A Gen.*, vol. 212, no. 1–2, pp. 17–60, 2001, doi: 10.1016/S0926-860X(00)00843-7.
- [13] S. B. Tricklebank, "Molten Salt Mixtures. IX. The Thermal Conductivities of Molten Nitrate Systems," *Aust. J. Chem.*, vol. 18, no. 8, pp. 1171–1176, 1965, doi: 10.1071/CH9651171.
- [14] S. Specification, "Acetone 1,2," vol. 07, no. Reapproved, pp. 99–100, 2013, doi: 10.1520/D0329-07R13.2.
- [15] E. Cao, "Transferencia de calor en ingeniería de procesos." p. 367, 2004.
- [16] R. E. Treybal, "Operaciones de Transferencia de Masa," vol. Segunda Ed, 1980.
- [17] E. F. Megyesy, *Manual De Recipientes a Presión*. 1992.
- [18] I. Victor and B. Gustavo, "Producción de Mono Y Dietilenglicol," UTN-Facultad Regional Delta, 2021.
- [19] A. I. of C. Engineers, *Facility Siting and Layout*. American Institute of Chemical Engineers, 2003. doi: 10.2307/j.ctt1p9wrp6.4.
- [20] R. R. Fernández, Mario Ruíz María, Ruíz Mario, *Seguridad e Higiene industrial Gestión de riesgos*, Alfaomega., no. 1. Alfaomega Colombiana S.A, 2012.
- [21] J. A. Di. J. E. G. Pantoja, *Ingeniería ambiental*, Alfaomega., no. I. Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V., México, 2011.
- [22] W. V. W. Bruce E. Poling, George H. Thomson, Daniel G. Friend, Richard L. Rowley, *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 2008. doi: 10.1036/0071511253.