

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol

Autor: Manuel SALADO MANZORRO

Fecha: Julio 2007





<i>Parte I</i>	11
MEMORIA	11
INTRODUCCIÓN GENERAL	12
INTRODUCCIÓN	13
1.1 OBJETO Y JUSTIFICACIÓN	13
ENERGIAS RENOVABLES	15
2.1 ENERGIAS RENOVABLES, EL BIOETANOL	15
2.2 POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS	18
VIABILIDAD	26
3.1 VIABILIDAD TECNICA	26
3.2 VIABILIDAD ECONÓMICA	31
3.3 VIABILIDAD LEGAL Y LABORAL	32
MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS	37
4.1 INTRODUCCIÓN	37
4.2 RESIDUOS DEL CULTIVO DE GIRASOL	38
4.3 PRODUCCIÓN DE GIRASOL	39
4.4 RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS	40
4.5 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS	42
4.6 PRODUCTOS SECUNDARIOS: XILITOL	49
PRODUCCIÓN DE BIOETANOL	53
5.1 PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS	53
5.2 ETAPAS DE OBTENCIÓN	60

ANÁLISIS Y DISEÑO.....	80
UBICACION DE LA PLANTA.....	81
6.1 INTRODUCCIÓN	81
6.2 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	84
6.3 SUMINISTRO ELÉCTRICO.....	85
6.4 COMUNICACIÓN Y TRANSPORTE.....	85
6.5 CLIMA.....	86
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA PLANTA DE PROCESOS.....	87
7.1 DIAGRAMA DEL PROCESO	88
7.2 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN LA PLANTA DE PROCESOS.....	89
7.3 CORRIENTE DE ENTRADA A LA PLANTA DE PROCESO	92
7.4 EVAPORACIÓN	93
7.5 FERMENTACION ALCOHÓLICA.....	95
7.6 CENTRÍFUGA DE DECANTACIÓN.....	114
7.7 SEPARACION DEL XILITOL.....	115
7.8 DESTILACIÓN	119
7.9 SIMULACIÓN DE LA DESTILACIÓN EXTRACTIVA DE ETANOL.....	124
7.10 RED DE TUBERIAS	127
7.11 INSTRUMENTACIÓN DE CONTROL	137
7.12 CONTROL EN LA PLANTA DE PROCESO	138
7.13 PLANIFICACION Y PROGRAMACION DE LA PRODUCCION	147
7.14 INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS.	151
7.15 ESTUDIO AMBIENTAL DEL PROYECTO	152
7.16 ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO.....	153
7.17 NORMAS Y REFERENCIAS	154

BIBLIOGRAFÍA.....	157
8.1 LIBROS	158
8.2 ARTICULOS.....	161
8.3 RECURSOS WEB	207
8.4 ÍNDICE DE FIGURAS.....	208
<i>Parte II.....</i>	209
<i>CÁLCULOS.....</i>	209
<i>1. DISEÑO DE LA CALDERA.....</i>	213
1.1 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LOS TUBOS	215
<i>2. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR A LA SALIDA DE LA CALDERA</i>	217
<i>3. DISEÑO DE LOS TANQUES DE FERMENTACION.....</i>	220
3.1 CÁLCULOS GEOMÉTRICOS DEL TANQUE	220
3.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES DEL TANQUE.....	220
3.3 PATAS DE APOYO	227
3.4 EFECTO DEL VIENTO SOBRE LOS RECIPIENTES.....	227
3.5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LOS TANQUES DE FERMENTACION	230
3.6 SISTEMA DE AGITACION DE LOS TANQUEs DE FERMENTACIÓN..	234
3.7 DISEÑO DE LOS TANQUES EN LA PLANTA DE PROCESO	237
<i>4. DISEÑO DE LA COLUMNAS DE DESTILACIÓN.....</i>	239
4.1 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES DE LAS COLUMNAS....	245
4.2 PATAS DE APOYO	251
4.3 EFECTO DEL VIENTO SOBRE LAS COLUMNAS.....	251
4.4 DISEÑO DE LOS PLATOS.....	254

5. RED DE TUBERIAS.....	259
5.1 CÁLCULO DEL ESPESOR	260
5.2 COMPROBACIÓN DEL ESPESOR.....	263
5.3 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LAS BOMBAS.....	266
6. DISEÑO DEL EVAPORADOR.....	274
7. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR A LA SALIDA DEL EVAPORADOR.....	278
8. DISEÑO DE LOS CRISTALIZADORES.....	280
Parte III.....	285
PLIEGO DE CONDICIONES.....	285
1 DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO.....	287
1.1 ANTECEDENTES.....	287
1.2 OBJETO	287
1.3 CUERPO NORMATIVO.....	287
1.4 DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS	291
1.5 COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE DICHOS DOCUMENTOS ..	292
2 CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS.....	293
2.1 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA.....	293
2.2 FACULTADES DE LA DIRECCION TÉCNICA.....	296
2.3 DISPOSICIONES VARIAS.....	298
3 CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS.....	302

3.1	VALORACIONES.....	303
4	<i>CONDICIONES GENERALES LEGALES.....</i>	<i>307</i>
4.1	RECEPCIÓN DE OBRAS	307
4.2	CARGOS AL CONTRATISTA.....	308
4.3	DISPOSICIONES VARIAS.....	309
5	<i>CONDICIONES TÉCNICAS.....</i>	<i>312</i>
5.1	CONDICIONES GENERALES	312
5.2	CONTROL DE CALIDAD	318
5.3	MATERIALES Y UNIDADES DE OBRA NO ESPECIFICADAS.....	318
6	<i>CUMPLIMIENTO DE LOS PLAZOS.....</i>	<i>320</i>
7	<i>PLAN DE OBRA Y RELACIÓN DE MAQUINARIA.....</i>	<i>321</i>
7.1	MATERIALES EN DEPÓSITO	321
7.2	MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES	321
8	<i>MANUALES DE MANTENIMIENTO Y PLANOS DEFINITIVOS.....</i>	<i>322</i>

<i>Parte IV</i>	323
SEGURIDAD	323
1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS	325
1.1 PROTECCIONES COLECTIVAS	325
1.2 PROTECCIONES ESPECIALES	337
1.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	394
1.4 INSTALACIONES GENERALES DE HIGIENE EN LA OBRA	399
1.5 VIGILANCIA DE LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS EN LA OBRA VIGILANCIA DE LA SALUD	401
1.6 OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO EN MATERIA FORMATIVA ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS	405
1.7 LEGISLACION, NORMATIVAS Y CONVENIOS DE APLICACIÓN AL PRESENTE ESTUDIO.	406
 <i>Parte V</i>	 410
ESTUDIO ECONÓMICO	410
1. INTRODUCCIÓN	413
 2. ESTADO DE MEDICIONES	 416
2.1 EQUIPOS DE PROCESO	416
2.2 TANQUES DE FERMENTACION Y ALMACENAMIENTO	417
2.3 CERRAJERÍA	418
2.4 CIMENTACIÓN Y CUBETOS	419
2.5 RED DE TUBERIAS	420
2.6 SISTEMA DE CONTROL	421
2.7 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	422
2.8 SALUD Y SEGURIDAD	424

3. LISTA DE PRECIOS UNITARIOS.....	425
3.1 EQUIPOS DE PROCESO.....	425
3.2 TANQUES DE FERMENTACION Y ALMACENAMIENTO	426
3.3 CERRAJERÍA	427
3.4 CIMENTACIÓN Y CUBETOS.....	427
3.5 RED DE TUBERÍAS	428
3.6 SISTEMA DE CONTROL.....	429
3.7 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	430
3.8 SALUD Y SEGURIDAD	431
4. LISTA DE PRECIOS DESCOMPUESTOS.....	432
4.1 EQUIPOS DE PROCESO.....	432
4.2 TANQUES DE FERMENTACIÓN Y ALMACENAMIENTO	433
4.3 CERRAJERÍA	434
4.4 CIMENTACIÓN Y CUBETOS.....	434
4.5 RED DE TUBERÍAS	435
4.6 SISTEMA DE CONTROL.....	436
4.7 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	437
4.8 SALUD Y SEGURIDAD	438
4.9 COSTE DE LA OBRA CIVIL.....	439
4.10 CONSUMO ENERGÉTICO.....	440
4.11 CONSUMO ELÉCTRICO.....	440
5. BALANCE ECONÓMICO.....	443
5.1 BENEFICIOS.....	443
5.2 COSTES.....	444
5.3 REQUERIMIENTO Y COSTE DE LA MANO DE OBRA	445
6. ANALISIS DE RENTABILIDAD.....	447

<i>Parte VI</i>	449
ANEXOS	449
ANEXO 1	452
SISTEMA CONTRAINCENDIOS	452
1. INTRODUCCIÓN	452
1.1 CUBETOS DE RETENCIÓN.....	452
1.2 REDES DE DRENAJE.....	452
1.3 ZONAS DE CARGA:	453
1.4 LIMITES EXTERIORES DE LAS INSTALACIONES:.....	453
1.5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO:	453
1.6 PROTECCIONES ESPECIALES.....	456
ANEXO 2	458
REQUISITOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL CONFORME AL TIPO DE SUSTANCIA QUÍMICA UTILIZADA EN LA INSTALACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS POR RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN	458
1.1 ZONIFICACIÓN DE ÁREAS POR RIESGOS DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN:	458
ANEXO 3	470
SEGURIDAD EN PLANTA: DETECCIÓN DE FUGAS DE VAPOR EN CALDERAS POR MÉTODOS ACÚSTICOS	470
1. INTRODUCCIÓN	471
2. UBICACIÓN Y MONTAJE DE MICRÓFONOS	477
3. CONCLUSIÓN	481

<i>ANEXO 4</i>	<i>482</i>
<i>ANEXO GRÁFICO</i>	<i>482</i>
<i>1. CALDERA</i>	<i>483</i>
<i>2. RED DE TUBERIAS</i>	<i>489</i>
<i>3. DISEÑO DE TANQUES</i>	<i>499</i>
<i>4. TRANSMISIÓN DE CALOR</i>	<i>507</i>
<i>5. SISTEMA DE CONTROL</i>	<i>508</i>
<i>6. FICHAS DE SEGURIDAD</i>	<i>519</i>

Parte I

MEMORIA

INTRODUCCIÓN GENERAL

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO Y JUSTIFICACIÓN

El objeto primordial del presente proyecto fin de carrera es la obtención de bioetanol a partir de los residuos de cosecha de girasol que han sido procesados por hidrólisis ácida. El hidrolizado constituido por azúcares simples es susceptible de una posterior fermentación alcohólica.

Dicha planta consistirá en varias unidades para el tratamiento de una corriente de entrada, su procesamiento en varios bioreactores para llevar a cabo la fermentación alcohólica y una posterior destilación con el fin de obtener bioetanol de características adecuadas.

El tratamiento de la corriente de entrada en la planta consistirá en una eliminación de la cantidad de agua, con el objetivo de concentrar el contenido de azúcares por un lado y por otro en la reducción del volumen de trabajo.

La fermentación se llevará a cabo en tres fermentadores durante un periodo de 156 horas debido a la dificultad de la fermentación de los residuos lignocelulósicos.

Debido a la fermentación de xilosa, que es una fracción de los residuos lignocelulósicos, se genera un producto secundario, xilitol, que deberemos separar de la mezcla etanol-agua, por dos motivos, primero por la necesidad de obtener etanol anhidro y por otro para aprovechar dicho producto y obtener un beneficio económico. Esta separación se llevara a cabo aprovechando el elevado punto de ebullición del xilitol, con una posterior cristalización del mismo.

Para la obtención del etanol anhidro, se ha dispuesto de un tren de destilación compuesto por tres columnas: la primera realizará una destilación simple, con objeto de concentrar en etanol contenido en la corriente de salida de los fermentadores. La segunda consistirá, en una destilación extractiva, con la que se obtendrá el bioetanol y la última columna será necesaria para la recuperación del disolvente utilizado en la destilación extractiva.

Capítulo 2

ENERGIAS RENOVABLES

2.1 ENERGIAS RENOVABLES, EL BIOETANOL

El mundo encara el agotamiento progresivo de sus recursos energéticos basados mayoritariamente en combustibles no renovables. Al mismo tiempo, el consumo de energía aumenta a ritmos cada vez más crecientes.

Por otra parte, el consumo global de combustibles genera enormes cantidades de gases contaminantes que son liberados a la atmósfera. Este tipo de contaminación ha causado cambios en el clima del planeta, por lo que se ha convertido en una de las problemáticas que más preocupan a los gobiernos, las ONG's, las comunidades y la opinión pública en general.



Figura 1 Emisiones contaminantes.

Fuente: www.juntadeandalucia.es/

Una de las formas de encarar esta problemática es mediante recursos energéticos renovables. Para ello, la biotecnología ofrece múltiples alternativas tecnológicas. Una solución renovable es el uso de energía solar en forma de biomasa, la cual está representada en los materiales lignocelulósicos y los cultivos de plantas ricas en energía.

Las emisiones de CO₂ generadas por la producción y uso de biocombustibles son compensadas por la absorción de CO₂ durante el crecimiento de las plantas y de otros materiales vegetales, a partir de los cuales dichos combustibles se producen. Cannell (2003) destaca que una hectárea de cultivos ricos en energía usada para la producción de biocombustibles líquidos (bioetanol, biodiesel) podría evitar la emisión de 0,2 a 2,0 toneladas de carbono a la atmósfera en comparación con el empleo de combustibles fósiles.

Para un país, la producción masiva de biocombustibles representaría el “regreso” de dinero y puestos de trabajo a la economía, sin mencionar que el desarrollo de cultivos energéticos implicaría un impulso al sector rural (Sheehan y Himmel, 1999). Una parte importante del PIB de cada país tendría que destinarse a la compra de petróleo cuya perspectiva de precios es muy incierta, a lo que hay que agregar la feroz competencia que encaran los productos agrícolas de los países menos desarrollados frente a los enormes subsidios destinados al sector primario por los países desarrollados.

Por ello es de importancia estratégica la diversificación de la agricultura a través de cultivos ricos en energía (caña de azúcar, palma africana, sorgo, yuca, entre otros).

El biocombustible más importante es el alcohol carburante (bioetanol), el cual puede ser utilizado como oxigenante de la gasolina, elevando su contenido en O₂, lo que permite una mayor combustión de la misma disminuyendo las emisiones contaminantes de hidrocarburos no oxidados completamente.

El bioetanol se obtiene a partir de la caña de azúcar en países tropicales como Brasil e India. En algunos países europeos como Francia se utilizan melazas de remolacha azucarera. Se considera que la denominada biomasa lignocelulósica, que incluye residuos agrícolas, forestales y sólidos urbanos, así como residuos agroindustriales, de la industria de alimentos y de otras industrias, comprende aproximadamente el 50% de la biomasa en el mundo (Claassen et al., 1999). Esta biomasa es un recurso que puede ser procesado de diferentes formas para la obtención de una gran variedad de productos además del bioetanol como gas de síntesis, metanol, hidrógeno y electricidad (Chum y Overend, 2001).

2.2 POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS

En los países desarrollados, el alto grado de dependencia energética del exterior, unido a otros factores como las limitadas reservas de combustibles fósiles, su encarecimiento progresivo, consideraciones medioambientales y las incertidumbres políticas y económicas a las que se encuentran sometidos los países productores, ha hecho que el interés sobre las fuentes de energías renovables sea cada vez mayor.

Por ejemplo en España, se hace cada vez mas importante el uso de energías renovables, y se prevé una mayor participación de estos en los próximos años.

- El aporte conseguido supera al de 2005 (5,5% de energía primaria y 16,6% de la producción de electricidad).
- A finales de 2006 se había cubierto el 11% del objetivo de incremento de energía primaria y el 24,10% de los objetivos de incremento de potencia eléctrica establecidos para 2010 por el Plan.
- El grado de cumplimiento de los objetivos para el 2006 del PER 2005-2010 fue del 82%.
- Destacan los logros alcanzados en los sectores de los biocarburantes, la energía eólica, solar térmica y solar fotovoltaica.
- Lo más destacable en materia de promoción ha sido la aprobación del nuevo Código Técnico de la Edificación y la transposición completa de la Directiva de Biocarburantes.

El marco de desarrollo de las fuentes limpias de energía en nuestro país es el Plan de Energías Renovables 2005-2010, el cual revisa, de manera sensible, los objetivos de potencia eólica (hasta 20.000 MW en 2010), solar fotovoltaica (hasta 400 MW), termoeléctrica (hasta 500 MW) y los de producción de biocarburantes (hasta 2,2 millones de toneladas equivalentes de petróleo), con respecto al Plan de Fomento anterior.

El apoyo público total a lo largo de los seis años de aplicación del Plan se ha estimado en 8.492 millones de €. El Plan prevé destinar 3.536 millones de € en la forma de ayudas públicas a la inversión e incentivos fiscales para los biocarburantes. Y, de manera adicional, el importe total de las primas a la electricidad para las nuevas instalaciones durante el período 2005-2010 ascenderá a 4.956 millones de €.

Las primas en el año 2006 ascienden a 1.800 millones €, superando en 600 millones de € a las del año anterior.

Participación de las energías renovables en el balance energético

Cabe destacar, en primer lugar, que en 2006 el consumo de energía primaria en España, respecto al año 2005, se contrajo 0,8 millones tep, lo que significa un 08%. Los consumos finales de energía sufrieron un retroceso equivalente.

Así mismo, el consumo de energías renovables aumentó en 2006 en casi 1,1 millones de toneladas equivalentes de petróleo, lo que representa, respecto al año anterior, un aumento del 12% en términos primarios y del 9% en finales.

Las energías renovables, de esta forma, cubrieron el 6,8% de los consumos totales de energía primaria de nuestro país; un porcentaje superior al del año 2005 (5,9% de los combustibles) y ello, fundamentalmente, como resultado del incremento de la producción hidráulica y de la oferta de biocarburantes.

En lo que se refiere a la generación eléctrica con renovables, señalar que fue de 57.167 GWh, empezando a ser comparable con la derivada de otros combustibles como el carbón (69.928 GWh) y nuclear (60.021 GWh).

Así mismo, es importante resaltar los siguientes datos referidos al año 2006:

- La producción hidroeléctrica se incrementó en un 35% con respecto a 2005.

- La capacidad de producción de biocarburantes fue un 107% superior a la existente en 2005.
- La producciones energéticas de las aplicaciones solares, tanto térmicas como fotovoltaicas, presentaron de nuevo signos de aceleración, con un incremento del 27% sobre 2005.
- La energía eólica representa ya el 7,5% de la producción eléctrica total, habiéndose

2006: Balance de energía primaria

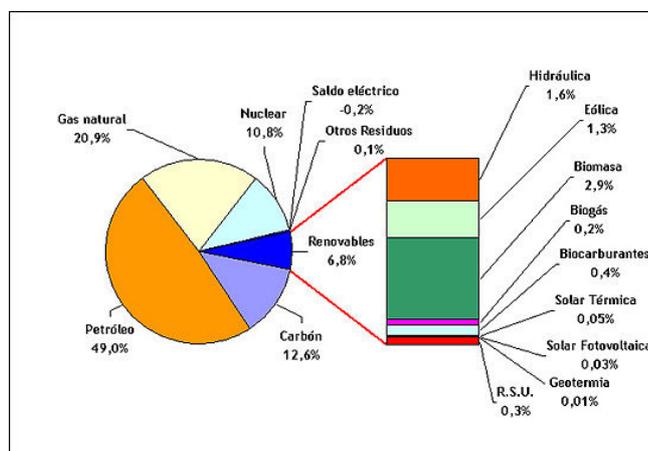


Figura 2 Datos 2006

Fuente: IDAE

Producción de energía a partir de fuentes renovables en 2006

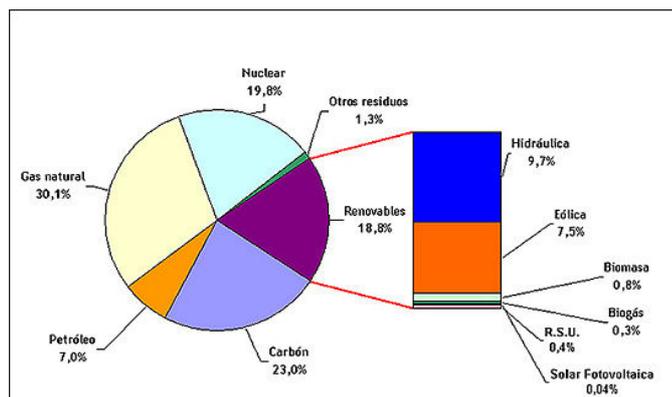


Figura 3 Datos 2006.

Fuente: IDAE

BIOCARBURANTES

- 2003: 63 nuevos ktep
- 2004: 44 nuevos ktep
- 2005: 37 nuevos ktep
- 2006: 284 nuevos ktep



Figura 4 Fermentadores

Fuente: IDAE

En 2006 la capacidad de producción adicional de biocarburantes fue de 284 ktep, superior a la capacidad total existente (265 ktep) en 2005.

Se había cubierto el 16% del objetivo previsto por el PER 2005-2010.

Consumo de Biocarburantes y Previsiones (tep)

	Producción con energías renovables en 2006			
	Potencia (MW)	Producción (GWh)	Producción en términos de Energía Primaria (Avance 2006) (ktep)	Producción en términos de Energía Primaria (Año Medio) ⁽¹⁾ (ktep)
Generación de electricidad				
Hidráulica (> 50 MW) (2)	13.521,0	25.013,9	1.550	2.151,2
Hidráulica (Entre 10 y 50 MW)	2.938,5	5.876,9	364	505,4
Hidráulica (< 10 MW)	1.818,9	5.638,7	360,3	484,9
Biomasa	409	2.606	761	808,2
R S U	189	1.222,9	404,6	395,1
Eólica	11.606	27.855	1.958	2.395,5
Solar fotovoltaica	118	177	12	15,2
Biogás	160	935	314,5	302,4
Solar termoeléctrica	-	-	-	-
TOTAL ÁREAS ELÉCTRICAS	30.760	69.326	5.724	7.058
Usos térmicos				
	m ² Solar t. baja temp.			(ktep)
Biomasa			3.457	3.457
Biogás			31	31
Solar térmica de baja temperatura	930.235		72	72
Geotermia			8	8
TOTAL ÁREAS TÉRMICAS			3.568	3.568
Biocarburantes (Transporte)				
TOTAL BIOCARBURANTES			549	549
TOTAL ENERGÍAS RENOVABLES			9.842	11.175,6
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA (ktep)			145.086	145.086
Energías Renovables/Energía Primaria (%)			6,8%	7,7%
<small>(1): Datos de 2006, provisionales. Para energía hidráulica, eólica, solar fotovoltaica y solar térmica, se incluye la producción correspondiente a un año medio, a partir de las potencias y superficie en servicio a 31 de diciembre, de acuerdo con las características de las instalaciones puestas en marcha hasta la fecha, y no el dato real de avance de 2006. (2): Incluye producción con bombeo puro.</small>				

Figura 5 Datos 2006.

Fuente: IDAE

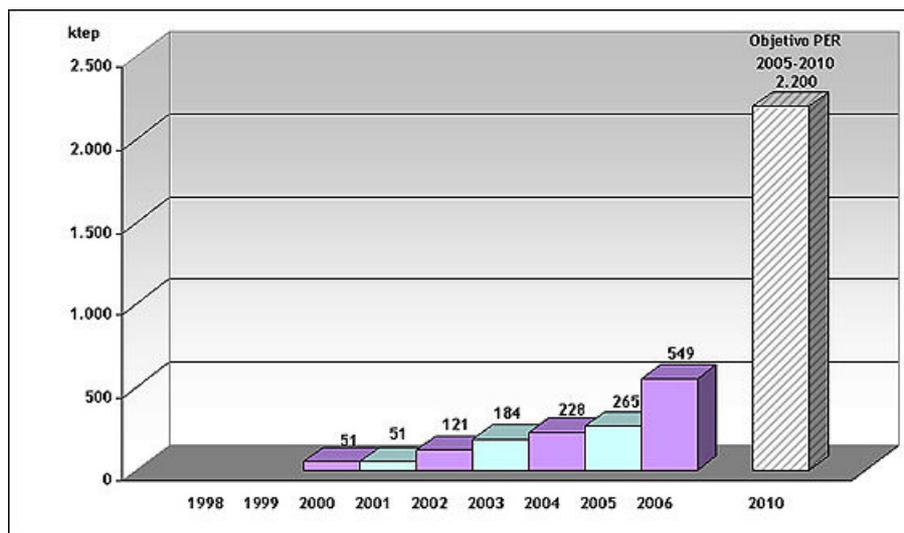


Figura 6 Datos 2006.

Fuente: IDAE

Si bien la tecnología necesaria para la sustitución o disminución de la dependencia actual de los combustibles fósiles está disponible hace tiempo, es cierto que el coste de tal conversión sigue siendo muy superior, a los precios actuales, al de las fuentes de energía tradicionales. El desarrollo de esta tecnología podría aportar, entre otras, las siguientes ventajas, Ingram y Doran (1995):

- Disminución de las importaciones de crudo
- Creación de empleo y mejora de las rentas agrarias
- Mejora de la calidad ambiental
- Solución parcial al problema de residuos que, por su naturaleza, han de ser eliminados

Por otra parte, la evolución de la agricultura, especialmente en los países tecnológicamente más avanzados, ha conducido a la aparición de excedentes y, por tanto, a un desequilibrio entre la oferta y la demanda que se ha reflejado en limitaciones impuestas por la Política Agraria Comunitaria en lo referente a retirada de tierras de cultivo. La obtención de productos de alto valor añadido permitiría rentabilizar los cultivos aprovechando unos residuos que, hasta el momento, carecen de aplicación y cuya eliminación representa un coste suplementario.

Se estima que, en conjunto, los residuos agrícolas (tanto leñosos como herbáceos) pueden aportar al balance energético nacional al final del periodo 1999-2010 del orden de 1,5 millones de tep/año, IDAE (1999).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, el aprovechamiento de la biomasa se perfila como una de las opciones más interesantes, dado su carácter renovable, por una parte, y su gran disponibilidad a precios relativamente bajos, por la otra. Se pueden distinguir tres vías fundamentales para el aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos, en función de la naturaleza del proceso utilizado: procedimientos químicos (tratamientos hidrolíticos), vía termoquímica y vía bioquímica, Figura 7, Rodríguez et al. (1990). Desde el punto de vista del objetivo primario perseguido, el aprovechamiento de los residuos puede ser con fines energéticos o como materia prima químico-industrial.

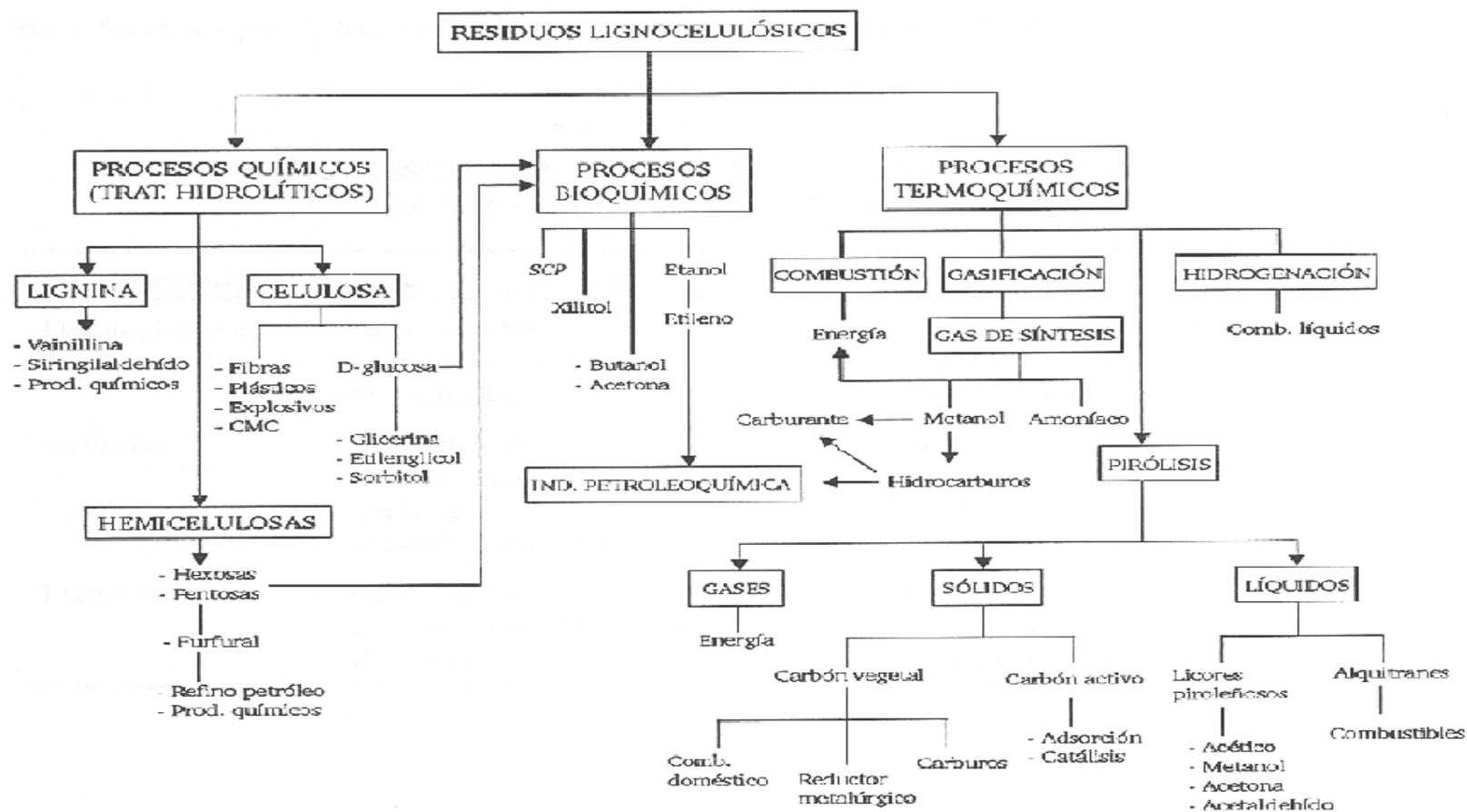


Figura 7 Posibilidad de aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos

Fuente: Cunningham R.E., López G.D. Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas. 1994

Capítulo 3

VIABILIDAD

En este apartado se justifica la viabilidad del proyecto fin de carrera propuesto desde los puntos de vista técnico, económico y legal.

3.1 VIABILIDAD TECNICA

El empleo de celulosa, hemicelulosa y lignina como base para la elaboración de productos químicos y energía es muy pequeño en relación con la cantidad de dichos recursos generada anualmente en el mundo. La razón de esto es fundamentalmente económica. Aunque estos productos constituyen la fuente mas abundante de carbono orgánico y tienen el potencial de proveer un amplio espectro de combustibles y productos químicos, con algunas excepciones contadas, hasta el momento ha resultado mas barato obtener dichos productos a partir de recursos fósiles: básicamente el petróleo, carbón y el gas natural.

La diferencia importante, sin embargo, se presenta al analizar su disponibilidad: el petróleo y el gas natural se encuentran acumulados en depósitos de gran volumen relativo y, una vez que han sido localizados e implementada su extracción, los costos unitarios son relativamente bajos en la mayor parte de las grandes áreas de producción. Por otra parte, constituyen materiales fácilmente transportables, y su menor grado relativo de polimerización con respecto a los lignocelulósicos los hace especialmente aptos para la producción de un buen número de productos básicos de la química, además de su masivo empleo como combustible.

En comparación, el recurso vegetal presenta una distribución más extendida y difusa, que se traduce en mayores costos de recolección y transporte. Además, el alto grado de polimerización de la celulosa y la lignina, resulta en una mayor demanda energética, y por tanto económica, de las etapas de separación y obtención de monómeros útiles para la síntesis de productos químicos y combustibles como el etanol.

El resultado de estos factores, ha sido la tendencia general a emplear un recurso lignocelulósico preferentemente por sus características estructurales y mecánicas, antes que por su potencial utilidad como materia prima de la industria química.

Con posterioridad a la hidrólisis de la celulosa, la tecnología subsiguiente requerida para la fermentación a etanol, no difiere básicamente de la aplicable a otras soluciones de azúcares, excepto en algún detalle como consecuencia de la generación de agentes inhibidores en la etapa hidrolítica.

Los objetivos básicos del diseño actual de un sistema de fermentación etanólica, se orientan a la maximización de la productividad global simultánea con la mayor conversión factible de la materia prima; la minimización de demanda energética y costes; y la simplificación con la consiguiente economía de los procesos posteriores de separación y concentración del alcohol obtenido.

Los sistemas fermentativos tradicionales, abrumadoramente mayoritarios en la industria alcohólica, se basan en microorganismos libres en reactores agitados discontinuos. Estos equipos presentan algunas desventajas, entre las que cabe citar:

- la pérdida de eficiencia asociada a los lapsos periódicos de paradas, reacondicionamiento, esterilización, puesta en marcha, etc., con la consiguiente mayor repercusión de los costes fijos, derivados de esa baja productividad global.
- la heterogeneidad del producto obtenido en sucesivas operaciones.
- la dificultad para integrar esta operación a otras etapas del proceso debido a su carácter discontinuo, lo cual implica que la separación del producto desde la masa de reacción, se lleva a cabo una vez finalizada la fermentación.
- los periodos relativamente prolongados que requiere la finalización de cada operación sucesiva de fermentación.

Como consecuencia de lo apuntado, las productividades globales habituales en estos sistemas tradicionales, se sitúan entorno de 1 a 2,5 g/L·h.

Según lo expuesto hasta aquí, dos de los obstáculos fundamentales que previenen la producción masiva de etanol a partir de biomasa lignocelulósica, son las bajas productividades globales y los elevados consumos energéticos. En particular, la etapa de concentración del etanol en los fermentadores es la etapa de mayor consumo energético.

En consecuencia se han estudiado diversas alternativas para la misma, aunque ninguna haya alcanzado el grado de utilización de la técnica convencional de destilación y sus modificaciones y optimizaciones.

La destilación convencional es en la actualidad la técnica mas usual a escala industrial para la producción de etanol azeotrópico. La demanda energética con esta tecnología tradicional, muestra una fuerte dependencia de la composición de la alimentación y de la operación de la columna de destilación.

La energía específica para alcanzar cualquier concentración dada de producto por destilación, puede variar hasta en dos ordenes de magnitud, dependiendo de la concentración inicial de la alimentación, y se incrementa notoriamente cuando la concentración de la corriente de entrada esta por debajo del 4%, ya que una cantidad desproporcionadamente grande de agua debe ser evaporada para obtener el producto. En el caso de la obtención de mezclas azeotrópicas, partiendo de una concentración inicial de etanol de alrededor del 10%, puede situarse en el rango de 4700 a 5800 kg vapor/ litro de etanol producido, pudiéndose incrementar la eficiencia mediante distintas modificaciones del proceso.

Una de las modificación mas habituales, es la recompresión del vapor de cabeza para utilizarlo como fluido calefactor en el calderín de la columna de rectificación, aprovechando así el aumento de temperatura debido a la compresión. Los costos de capital, debido al equipo adicional requerido, se incrementan en el orden del 50% respecto del esquema convencional.

Otra opción razonablemente simple, es la operar el tren de destilación a diferentes niveles de presión, de manera que el vapor procedente de la cabeza de una de las columnas se utiliza como fuente de energía en el calderín de la siguiente. Este sistema presenta una demanda energética específica en el rango de 2150 kg/ litro de etanol azeotrópico.

La rectificación a presiones inferiores a 10 kpa permite obtener, con una técnica convencional, etanol anhidro. Se aprovecha para esto la desaparición del azeótropo etanol-agua en dichas condiciones de vacío.

Sin embargo el consumo energético para conseguir este resultado, es demasiado elevada: 10300 kg de vapor/ litro de etanol, sin contar además las exageradas dimensiones de la columna, de alrededor de 60 etapas de equilibrio. El consumo puede reducirse significativamente mediante la técnica de recompresión de vapor.

La técnica mas utilizada para romper el azeótropo y producir etanol anhidro, es la adición de un tercer agente a la mezcla que altere selectivamente la volatilidad de uno de los componentes, por efectos de solubilidad. Cuando el agente es mas volátil que el agua, el proceso se denomina destilación azeotrópica. Cuando es relativamente volátil, la técnica recibe el nombre de destilación extractiva.

Partiendo de etanol azeotrópico, por destilación con benceno u otro glicol, por ejemplo glicerina, etilenglicol, según el proceso mas empleado a escala industrial, el consumo energético específico se sitúa en el orden de los 200 kg/ L de etanol absoluto. Ésta es concretamente la tecnología de separación de etanol elegida en el proyecto de fin de carrera propuesto.

3.2 VIABILIDAD ECONÓMICA

Para ayudar al cumplimiento de los objetivos de introducción de biocarburantes fijados en la Directiva 2003/30/CE algunos Estados miembros recurren a exenciones fiscales para estos biocombustibles, facilitadas por la Directiva 2003/96/CE sobre imposición de los productos energéticos (DO L 283 DE 31-10-2003), que en su artículo 16 permite exonerar de impuestos especiales a este tipo de biocarburantes, abriendo la puerta al desarrollo de estos productos y permitiendo crear en la Unión Europea un mercado de biocarburantes competitivo.

En España, los biocarburantes gozan de una exención total sobre impuestos especiales desde el 1 de enero de 2003, conforme dispone la Ley 53/2002 de 30 de diciembre de 2002. Dicho impuesto es modulable, en función de la evolución comparativa de los costes de producción de los productos petrolíferos y los biocarburantes.

Los elevados precios de las materias primas tradicionales empleadas para la producción de etanol, azúcares y almidones, constituyen un factor determinante en la conformación de la estructura de costos. En este sentido, pues, la potencialidad de los recursos lignocelulósicos disponibles masivamente, y en muchos casos, a bajo costo, resulta una ventaja relativa digna de mención.

La demanda energética global del proceso constituye un factor decisivo en la producción de etanol mediante procesos microbianos. Una medida de la misma suele ser la relación entre la energía contenida en el producto y la necesaria para su obtención. En este sentido, los materiales lignocelulósicos pueden resultar en un balance positivo, mediante la aplicación optimizada de distintas opciones de pretratamiento, hidrólisis, fermentación, y, básicamente de la concentración en etanol de las corrientes obtenidas en el bioreactor.

Como consecuencia, y a tenor del análisis de rentabilidad del proyecto fin de carrera propuesto, el proceso resulta viable económicamente.

3.3 VIABILIDAD LEGAL Y LABORAL

La política energética de la Unión Europea ha definido objetivos claros para reducir la alta dependencia energética de los productos petrolíferos y aumentar la seguridad del suministro de un combustible sostenible en el sector del transporte. Además del elevado consumo de energía, el sector del transporte se caracteriza porque prácticamente todo el petróleo en Europa procede del exterior y a corto plazo no se perfila ningún sustituto para los combustibles de automoción.

Pero este no es el único reto, el transporte es responsable del 21% de las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global del planeta y, se observa, que este porcentaje va en aumento. Por consiguiente, para cumplir los objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, suscritas por la Unión Europea en el protocolo de Kioto, es esencial encontrar soluciones para reducir las emisiones del transporte.

Los países en desarrollo se enfrentan a problemas similares en cuanto a la energía en el transporte. El aumento de los precios del petróleo está afectando negativamente a su balanza de pagos, son vulnerables por su dependencia de combustibles fósiles importados y deben hacer frente al problema de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la Unión Europea se están adoptando diversas medidas para desarrollar nuevos modelos más limpios y rentables en el consumo de combustibles en el sector del transporte. En este contexto, los biocarburantes obtenidos a partir de un recurso renovable como la biomasa, están destinados a jugar un papel crucial en la diversificación energética en el sector del transporte y en el cumplimiento de las políticas comunitarias contra el cambio climático y de seguridad de suministro, reduciendo la dependencia del petróleo y proporcionando nuevos combustibles más respetuosos con el medio ambiente.

La aprobación de la Directiva 2003/30/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de mayo de 2003, relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables (DO L 123 de 17-5-2003) insta a los Estados miembros para que tomen las medidas necesarias para asegurar que en el año 2005 un porcentaje mínimo del 2% del combustible para el transporte vendido en su territorio sean biocarburantes.

Esta cantidad deberá aumentar progresivamente, de manera que la sustitución alcance el 5,75% en el año 2010.

En España, el Plan de Energías Renovables (IDAE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 2005) ha revisado los objetivos del anterior Plan de Fomento de la Energías Renovables para adecuarse a la nueva Directiva y considera la producción de un total de 2.250.000 tep de biocarburantes en el horizonte del año 2010, de los que el 62% corresponderá a producción de biodiesel (1.218 ktep de aceites vegetales puros y 200 ktep de aceites usados) y el 38% restante a bioetanol (550 ktep de cereales y biomasa y 200 ktep de alcohol vínico).

En este documento se establece una previsión de la distribución relativa por Comunidades Autónomas en base a la relación de proyectos en estado de ejecución o estudio (Figura 8).

En esta panorámica Europea y Española, el presente proyecto fin de carrera se encuentra completamente insertado en el marco de la legalidad nacional e internacional.

CCAA	Situación 2004 (tep)	Objetivos PER 2010 (tep)
Andalucía	0	88.0000
Aragón	0	88.0000
Asturias	3.600	44.000
Baleares	0	44.000
Canarias	0	0
Cantabria	0	220.000
Castilla y León	0	330.000
Castilla la Mancha	36.000	176.000
Cataluña	50.400	330.000
Extremadura	0	176.000
Galicia	64.500	220.000
Madrid	4.500	22.000
Murcia	510200	220.000
Navarra	0	154.000
La Rioja	0	0
Comunidad Valenciana	0	0
País Vasco	18.000	88.000
TOTAL	228.000	2.200.000

Figura 8.- Comparación de la situación del sector de biocarburantes en 2004 y previsiones para alcanzar los objetivos del PER en 2010 por Comunidades Autónomas.

Fuente: Cunningham R.E. López G.D., "Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas." 1994

La planta propuesta se encuentra dentro del marco de la legalidad puesto que todos los efluentes del proceso son no contaminantes.

El producto que se obtiene en el proceso es etanol, alcohol combustible líquido de tipo B (APQ 001). Este producto y su almacenaje en la instalación obligan legalmente a disponer de un sistema contraincendio. Para el diseño del sistema de prevención hemos empleado el BOE número 181, martes 30 julio 1991.

El efluente residual que se obtiene en la columna primera de destilación, posee una alta concentración de productos orgánicos, lo cual nos impide legalmente su vertido al medio. En la instalación no se dispone de un sistema de tratamientos de efluentes residuales, por lo que para solucionar el problema que la producción de esta ocasiona se encargara la depuración a una empresa especializada.

En cuanto a los aspectos laborales, la producción de biocarburantes puede también generar beneficios económicos, crear más empleo, reducir las facturas de las importaciones de energía y abrir nuevos mercados potenciales de exportación en numerosos países en desarrollo.

Por otra parte, el fomento del uso de biocarburantes, respetando al mismo tiempo las prácticas sostenibles en la agricultura, podría crear nuevas oportunidades de desarrollo rural sostenible y una agricultura multifuncional, abriendo un nuevo mercado para productos agrícolas innovadores.

La producción de biocarburantes supone una alternativa al uso del suelo, evitando los fenómenos de desertificación y erosión a los que pueden quedar expuestas aquellas tierras agrícolas, que por razones de mercado están siendo abandonadas por los agricultores. Los cultivos energéticos pueden ser una salida para mantener la actividad en cientos de miles de hectáreas de España, que podrían quedar semiabandonadas en el futuro por la bajada de los precios y la competencia del exterior .

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Capítulo 4

MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS

4.1 INTRODUCCIÓN

La planta que se propone diseñar en el presente proyecto fin de carrera, utiliza como materia prima una corriente de hidrolizado de residuos de la cosecha de girasol. No obstante resulta de interés establecer las principales características de los residuos lignocelulósicos.

Por otra parte, los productos obtenidos en la planta de procesos, serán, por una parte bioetanol, susceptible a su utilización como combustible tanto en la industria o como biocombustible para vehículos.

Y por otra se obtiene xilitol, un endulzante bajo en calorías, que es un producto secundario de la etapa de fermentación, y que debido a su elevado valor económico, interesa recuperar y purificar para su comercialización para la industria alimentaria en forma pura y como solución 1M.

Asimismo se obtiene agua destilada como producto, que también será comercializada.



Figura 9 Materia prima para la obtención de bioetanol
Fuente: Estudio realizado por D. Prof. Luis Enrique Romero Zúñiga

4.2 RESIDUOS DEL CULTIVO DE GIRASOL

En el estado de maduración, la planta de girasol (*Helianthus annuus*) está constituida por dos partes principalmente:

- el tallo (y las hojas), que puede sobrepasar los dos metros de altura y de tres a seis centímetros de espesor, dependiendo de diversos factores como la variedad y las condiciones de cultivo
- el capítulo o flor, de unos 25 cm de diámetro, en el que se sitúan las semillas a partir de las cuales se obtiene el aceite de girasol y que constituyen, por tanto, el principal producto del cultivo.

En el momento de la recolección, los tallos son cortados unos centímetros por debajo de los capítulos, los cuales son agitados para liberar las semillas, que se recogen separadamente, mientras que tallos y capítulos se abandonan en el propio campo hasta su posterior eliminación, que suele consistir en la trituración y esparcimiento o incineración.

4.3 PRODUCCIÓN DE GIRASOL

El girasol constituye la cuarta fuente de aceites y grasas en cuanto a producción mundial y se estima en unos 50 millones de hectáreas la superficie dedicada a este cultivo, Marechal y Rigal (1999), de las cuales unos dos millones corresponden a la Unión Europea, siendo España y Rumanía los principales países productores, Tablas 10 y 11.

Año/País	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
España	861,153	753,628	786,832	752,175	517,300	633,400	611,000
Francia	707,609	616,042	694,405	615,869	643,529	643,599	545,000
Italia	207,804	165,603	150,781	123,997	129,874	144,566	
Rumania	800,300	906,219	1188,037	976,960	970,950	991,363	979,481

Tabla 10 Superficies de cultivos de girasol en la unión europea en miles de ha.

Fuente: Eurostat 2007

A partir de la superficie cultivada o de la producción de semillas de girasol puede realizarse una estimación del volumen de residuos; si se tiene en cuenta que la razón de residuo aéreo (exceptuando hojas) a semillas oscila entre 1,6 y 3,0, Martín et. al (1987), según los datos de la figura 11 puede deducirse que existe una disponibilidad en España de unos 2,3 millones de toneladas de residuos generados anualmente, lo que convierte a este tipo de biomasa en una de las más abundantes.

PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE GIRASOL (MILES DE t) EN LA UNIÓN EUROPEA					
Años/Países	96/97	97/98	98/99	99/2000	2000/01
España	1235	1366	1440	500	871
Francia	1995	2008	1863	1910	1621
Italia	638	641	701	390	521
Portugal	84	48	51	41	24
Total UE	4124	4223	4230	3011	3151

Tabla 11 Producción de semillas de girasol en la unión europea

Fuente: Eurostat 2003

Además, la superficie de girasol cultivada en Andalucía, con unas 300 mil hectáreas, Junta de Andalucía (2005), representa algo más de la tercera parte del total nacional, lo que da idea del considerable volumen de residuos disponibles en una localización relativamente próxima y justifica su estudio y posible utilización.

4.4 RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS

Los residuos lignocelulósicos están formados por residuos agrícolas, forestales y del procesamiento de frutas y verduras y constituyen el mayor conjunto de compuestos orgánicos en la biosfera, representando aproximadamente el 50 % de la biomasa mundial. Estos residuos se acumulan cada año en grandes cantidades, causando un deterioro en el medio ambiente así como el desaprovechamiento de una fuente energética de primera magnitud.

Sobre este tipo de biomasa cabe realizar las siguientes consideraciones:

- En muchas ocasiones, está constituida por compuestos potencialmente contaminantes, bien por su propia naturaleza, bien porque puedan servir como material de propagación de plagas.

- La disponibilidad real de la biomasa residual limita su aprovechamiento, estando condicionada por la dispersión, dificultad de acceso, etc., lo que influye sobre los costes de recogida y transporte.
- Su producción no suele ser regular a lo largo del tiempo.
- La utilización energética de la biomasa no debe provocar un detrimento de la producción de alimentos. El coste de la energía producida no debe ser competitivo.
- Existen otros usos alternativos actuales de este tipo de biomasa que hay que tener en cuenta. Por ejemplo, algunos residuos son necesarios en la agricultura como aporte de nutrientes, tanto orgánicos como inorgánicos.
- La obtención a escala industrial de compuestos de interés a partir de estas materias se ve limitada por la estrecha asociación existente entre los tres componentes principales de las paredes celulares, celulosa, hemicelulosa y lignina, así como por la baja eficiencia de los procesos de conversión, Emmel et al. (2003).
- Entre los residuos lignocelulósicos, merecen especial atención los agrícolas. Se estima que anualmente se producen en España unos 16 millones de toneladas de residuos agrícolas, Jiménez et al. (2000), entre los que destacan por su mayor producción los derivados de los cultivos del olivo, cereal y girasol y que, hasta el momento, carecen de aplicaciones de utilidad; además, representan un problema adicional debido a la necesidad de su eliminación de los campos de cultivo (que actualmente se realiza mediante quemas incontroladas que son origen de numerosos incendios forestales), con el consiguiente coste.

4.5 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS

La materia vegetal está constituida, en más de un 90 % en base seca, por sustancias orgánicas, producto del proceso de fotosíntesis, que se agrupan bajo el nombre de lignocelulosa. Este término engloba los tres constituyentes principales (celulosa, hemicelulosas y lignina) de las paredes celulares. En la figura 12 se muestra la composición típica de distintos residuos lignocelulósicos.

COMPOSICIÓN DE DIVERSOS RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS (% EN BASE SECA)				
Residuo	Hemicelulosas	Celulosa	Lignina	Referencia
Madera dura	24-40	40-55	18-25	McGinnis (1983)
Madera blanda	25-35	45-50	25-35	McGinnis (1983)
Bagazo de caña	24	40	25	Saha (2003)
Mazorca de maíz	35,8	39,4	7,3	Sánchez (1990)
Paja de arroz	25	35	12	Saha (2003)
Paja de trigo	28,8	32,6	14,4	Hoebler <i>et al.</i> (1989)
Pulpa de remolacha	24,5	20,7	2,0	Hoebler <i>et al.</i> (1989)
Ramón de olivo	23,6	48,1	22,6	Sánchez <i>et al.</i> (1996)
Sorgo	29,6	33,5	9,1	Sánchez (1990)
Tallo de girasol	17,3	36,8	21,2	Hoebler <i>et al.</i> (1989)

Figura 12. Composición de residuos lignocelulósicos

Fuente: Cunningham R.E., López G.D. Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas. 1994

Además forman parte minoritaria en la composición de los residuos lignocelulósicos otros compuestos, en proporción variable, como ceras, pectinas y sales minerales.

La formulación exacta depende del tipo de residuo, tanto en su composición química como en sus proporciones; incluso, dentro del mismo tipo se encuentran variaciones notables en función de la edad, estado de crecimiento u otros factores.

4.5.1 Celulosa

De todos los compuestos naturales del carbono, la celulosa es el más abundante.

Es el primer componente de la pared celular de todos los materiales lignocelulósicos en general, constituyendo hasta el 45% del peso seco. Se encuentra en forma fibrosa, posee una alta resistencia mecánica y es muy insoluble en agua, tanto fría como caliente. Es también insoluble en disolventes orgánicos tales como etanol, benceno, éter, cloroformo y tetracloruro de carbono y muy poco soluble en disoluciones diluidas de ácidos y álcalis.

Por otra parte, es muy soluble en ácido sulfúrico del 72% y en ácido clorhídrico del 44%. Su degradación, aunque importante, es menos notoria en ácido fosfórico del 85%. La celulosa es un polímero homogéneo lineal, de elevado peso molecular, con cadenas largas de D-glucosa en forma piranosa unidas por enlace β 1,4 glucosídico, siendo la celobiosa la unidad que se repite (figura 13).

Las fibras de celulosa están constituidas por unidades estructurales primarias llamadas microfibrillas de aproximadamente 300 Å de largas y 150 Å de sección transversal; cada microfibrilla contiene varias fibrillas elementales de alrededor de 30 Å de sección transversal, estando éstas formadas por grupos de moléculas lineales de celulosa. Cada molécula está enlazada con la adyacente por puentes de hidrógeno, hasta dos por unidad de D-glucosa anhidra.

Sin embargo, la forma en que las moléculas de celulosa se ordenan no es bien conocida, habiéndose postulado diferentes modelos que coinciden en diferenciar entre una zona cristalina de gran ordenación y una zona amorfa. La celulosa cristalina está constituida por una celda monoclinica unidad que contiene cuatro unidades de D-glucosa anhidra.

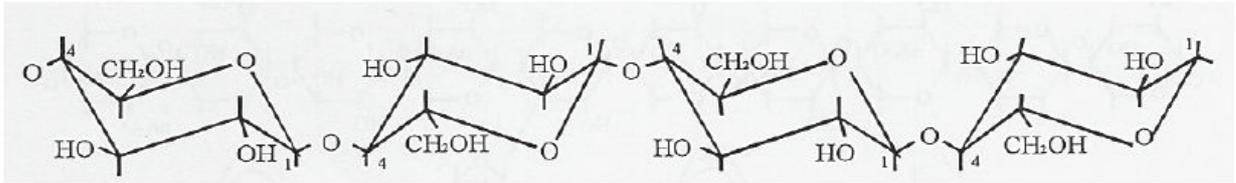


Figura 13. Estructura de la celulosa

Fuente: Cunningham R.E., López G.D. *Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas*. 1994

Considerados individualmente, los puentes de hidrógeno son enlaces débiles, pero la gran cantidad que hay entre las cadenas de D-glucosa que componen la fibra proporcionan una unión muy fuerte, siendo los responsables primarios de la rigidez de la pared celular.

Tanto el hombre como otros animales carnívoros son incapaces de utilizar la celulosa como alimento, pues carecen de los fermentos necesarios para efectuar su hidrólisis. Por el contrario, muchos microorganismos y ciertos protozoos son capaces de hidrolizar la celulosa. La celulosa pura o casi pura sólo existe en las partes jóvenes de las plantas. En estados más avanzados las membranas celulósicas se encuentran entremezcladas con sustancias pépticas y con la lignina.

4.5.2 Hemicelulosas

Las hemicelulosas son polisacáridos homogéneos o heterogéneos que presentan una gran diversidad en cuanto a su composición y estructura, en función de su origen. Están constituidas por cadenas cortas y ramificadas, formadas por pentosas (D-xilosa, D-arabinosa, D-xilulosa...), hexosas (D-glucosa, D-galactosa, D-manosa, D-fructosa...), junto a ácidos urónicos, principalmente ácido glucurónico y galacturónico. Se pueden identificar tres grandes grupos: xilanos, mananos y galactomananos, en función del azúcar dominante, Kuhad y Singh (1993). Los xilanos son los polisacáridos no celulósicos más abundantes. En la mayoría de las angiospermas, los xilanos pueden representar hasta un 30 % del peso seco y son igualmente mayoritarios en el caso de las plantas anuales. Los xilanos están formados por una cadena principal de unidades de D-xilosa unidas mediante enlaces β -1,4, en la cual pueden encontrarse ramificaciones de otros azúcares como la D-arabinosa, la D-galactosa, el ácido glucurónico, etc. En la Figura 14 se muestra un esquema de un arabinoxilano típico de cereales, Bhat y Hazlewood (2001).

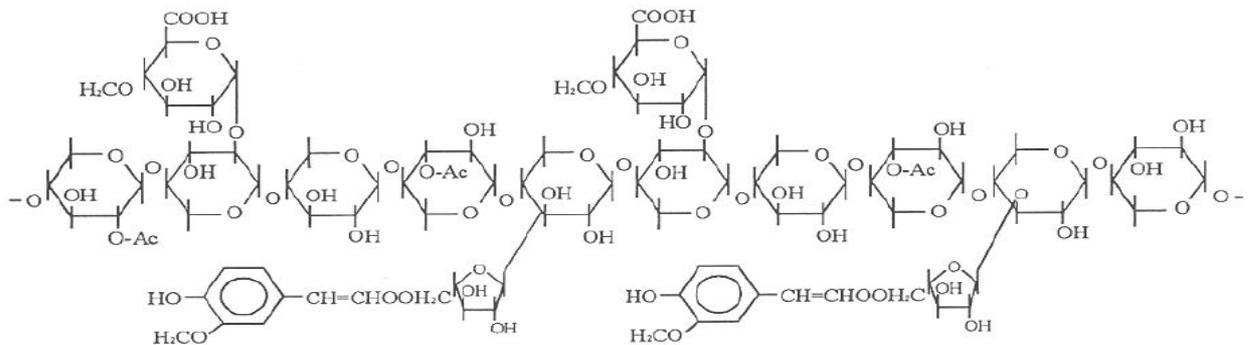


Figura 14. Esquema de un arabinoxilano típico de cereales

Fuente: Cunningham R.E., López G.D. *Etnol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas*. 1994

Las hemicelulosas son más solubles que la celulosa, se descomponen con mayor facilidad y pueden ser extraídas con álcalis diluidos y precipitadas con ácidos diluidos.

Aunque pueden estar formadas por azúcares distintos, presentan dos características estructurales comunes:

a) Poseen una especie de columna vertebral formada por una cadena plana de azúcares unidos casi siempre por enlaces β 1,4 glucosídicos de la que pueden salir ramificaciones muy cortas, generalmente de un sólo azúcar de longitud.

b) Poseen alguna característica estructural que les impide formar agregados como las cadenas de celulosa, aunque sí pueden cristalizar con las cadenas de celulosa formando seguramente puentes de hidrógeno entre los grupos $-\text{CH}_2\text{OH}$ de las cadenas de celulosa y los oxígenos glucosídicos de las hemicelulosas.

4.5.3 Lignina

El tercer constituyente fundamental de la estructura de los materiales lignocelulósicos es la lignina. Se trata de un material polimérico que actúa como material de unión entre la celulosa y las otras fibras de polisacáridos y formar la estructura de ésta, pero esencialmente es un polímero tridimensional de fenilpropano con grupos fenólicos. La proporción en peso de lignina en la madera oscila entre el 20 y el 30 %, siendo sus propiedades más comunes:

- Es insoluble en todos los disolventes usuales.
- Por fusión alcalina produce un 10 % de ácido 3,4 dihidroxibenzoico.
- La lignina desmetilada es soluble en los álcalis y sus disoluciones alcalinas se precipitan con anhídrido carbónico. Su índice de refracción es aproximadamente 1,6, lo que indica la presencia de grupos aromáticos.

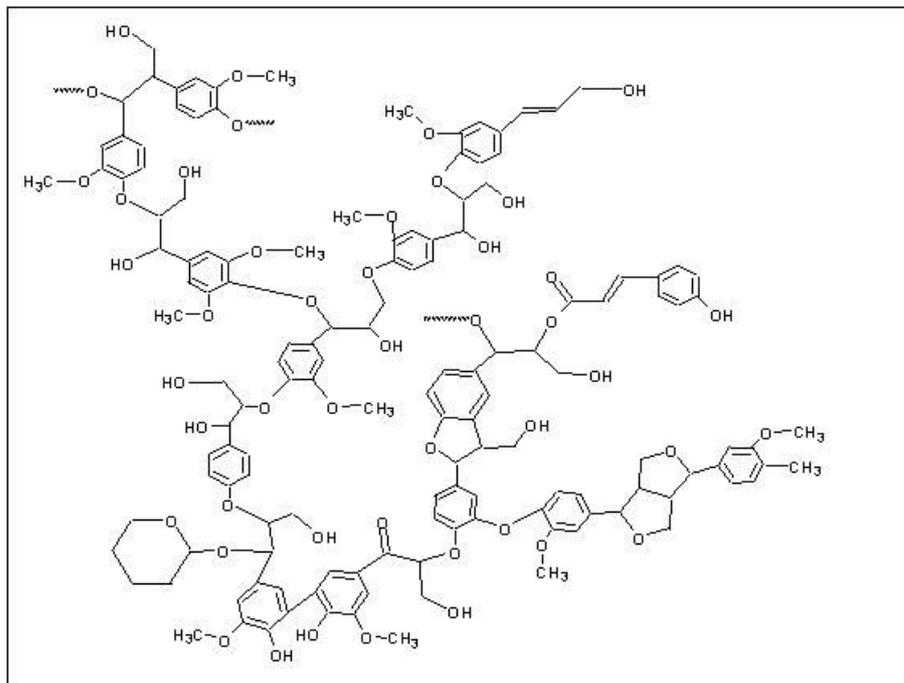


Figura 14b. Esquema de la molécula de lignina.

Fuente: Cunningham R.E., López G.D. Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas. 1994

4.6 PRODUCTO PRINCIPAL: BIOETANOL

La producción mundial de etanol ha sido estimada en 33300 millones de litros en 1998, de los que aproximadamente un 9% se produce sintéticamente por reacción de etileno con vapor de agua; el 91% restante se obtiene mediante fermentación, Taherzadeh (1999).

Brasil es el principal país productor de etanol (unos 16000 millones de litros en 1998), donde se utiliza anhídrido como aditivo de la gasolina en una composición del 22%. En Estados Unidos, la capacidad de producción de etanol en 1994 se estimó en 6500 millones de litros, el 88% de los cuales se obtienen por vía fermentativa.

Las principales aplicaciones del etanol se encuentran en la industria alimentaria (11% del consumo), usos industriales (21%) y como combustible (68%). En Estados Unidos, el consumo de etanol como aditivo, hasta un 10% en volumen de la gasolina, alcanza anualmente unos 4500 millones de litros, Sun y Cheng (2002), lo que representa cerca del 80% del etanol producido.

El interés del empleo del etanol como combustible para vehículos se debe a varios factores.

En primer lugar, se trata de un combustible que funciona bien en los motores, tanto puro como en mezclas con gasolina.

En segundo lugar, la disminución de emisiones de CO₂ prevista en el Protocolo de Kyoto sobre cambio climático, hacen que la utilización del etanol como combustible ayude a cumplir los compromisos adquiridos por los países desarrollados; en este sentido, se ha estimado que las emisiones de un vehículo propulsado por etanol pueden representar el 7% de las correspondientes a un vehículo utilizando gasolina tradicional. Finalmente, el previsible aumento de la demanda energética mundial en los próximos años sobrepasa, según las estimaciones, la capacidad de producción global de combustibles tradicionales, fundamentalmente petróleo.

4.7 PRODUCTOS SECUNDARIOS: XILITOL

El xilitol es un polialcohol que se encuentra naturalmente en frutas y verduras. También aparece como intermedio en el metabolismo de los carbohidratos en mamíferos. Una de las principales aplicaciones del xilitol se basa en sus usos potenciales como edulcorante en la industria alimentaria. Se disuelve rápidamente en agua, tiene un poder edulcorante similar al de la sacarosa y proporciona una agradable sensación fresca debido a su calor de disolución negativo, Winkelhausen y Kuzmanova (1998). Sin embargo, la característica más importante del xilitol es el hecho de no ser utilizado por las bacterias cariogénicas bucales, por lo que su empleo, incluso en pequeñas dosis, reduce significativamente la aparición de caries dentales, Rolla et al. (1987).

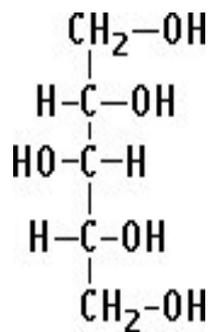


Figura 15 Fórmula del xilitol
Fuente: www.zoetecnocampo.com

A pesar de su amplio campo de aplicaciones, el uso del xilitol como edulcorante es limitado, debido a sus comparativos altos costes de producción (unas diez veces superiores a los de la sacarosa o el sorbitol), Parajó et al. (1998b). Este hecho ha suscitado un creciente interés en la investigación de tecnologías que permitan la reducción de costes, dentro de las cuales los procesos fermentativos, partiendo de disoluciones de D-xilosa, ofrecen importantes expectativas.

Aunque el xilitol está presente de forma natural en frutas y verduras, su extracción directa resulta en general inviable económicamente, debido al alto coste y al relativamente pequeño contenido en xilitol.

A gran escala, se produce por hidrogenación química de D-xilosa, obtenida principalmente a partir de hidrolizados de sustratos lignocelulósicos. El proceso convencional de producción de xilitol incluye cuatro etapas principales: hidrólisis ácida del sustrato, purificación del hidrolizado para obtener una disolución de D-xilosa pura o D-xilosa cristalina, hidrogenación y cristalización del xilitol. La etapa crítica es la purificación de la D-xilosa. Debido a que la obtención mediante fermentación con microorganismos no precisa elevada pureza, es un procedimiento alternativo muy atractivo. En la Figura 16 se resumen las distintas tecnologías para la producción de xilitol, Parajó et al. (1998b).

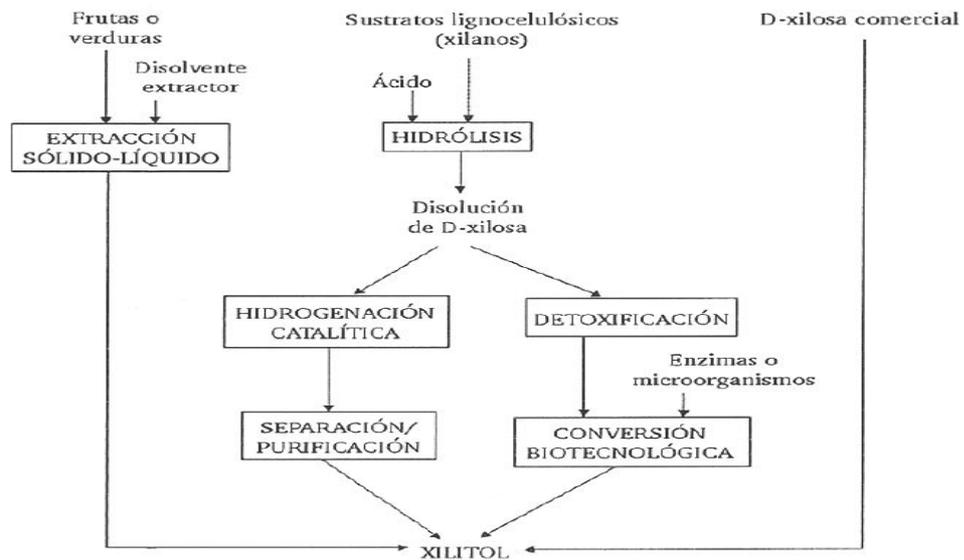


Figura 16 Tecnología para la producción de xilitol

Fuente: Cunningham R.E., López G.D. *Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas*. 1994

TABLA 2.18
PRODUCCIÓN DE XILITOL POR MICROORGANISMOS A PARTIR DE AZÚCARES PUROS

Microorganismo	s_0 g/dm ³	Q_e g/(dm ³ h)	% s consumido	X_i (máx.) g/dm ³	Q_{xi} g/(dm ³ h)	$Y_{x/s}$ g/g	Referencia
<i>P. tannophilus</i> ATCC 32691	50	0,43	100	3-0	0,03-0,26	0,16-0,61	Furlan <i>et al.</i> (1994)
<i>P. tannophilus</i> IGB 0101	25-27	0,66-0,75	100	22,9-35,5	0,46-0,56	0,61-0,85	Debus <i>et al.</i> (1983)
<i>C. shehatae</i> ATCC 22984	75	0,63	100	4,8	0,04	0,64	Palnitkar y Lachke (1992)
<i>C. shehatae</i> ATCC 22984	50	0,05-0,4	14-96	8,5-1,4	0,01-0,07	0,18-0,21	Hinfray <i>et al.</i> (1995)
<i>C. guilliermondii</i> NRC 5578	300	0,74	100	221	0,54	0,75	Meyrial <i>et al.</i> (1991)
<i>C. guilliermondii</i> FTI 20037	19-21	0,28-0,34	100	4-9	0,07-0,16	0,20-0,47	Lee <i>et al.</i> (1996)
<i>C. tropicalis</i> DSM 7524	155-300	0,34-0,50	91,5-100	95-220	0,28-1,35	0,50-0,74	Da Silva y Afschar (1994)
<i>C. parapsilosis</i> ATCC 22874	10	0,28	44,2	1,37	0,087	0,31	Furlan <i>et al.</i> (1991)
<i>Candida</i> sp. B-22	250	1,49	100	210	1,25	0,84	Chen y Gong (1985)
<i>D. hansenii</i> NRRL Y-7426	27	5,81	100	221	4,60	0,79	Domínguez <i>et al.</i> (1997)

Tabla 17 Producción de xilitol por microorganismos a partir de azúcar puro.
Fuente: Cunningham R.E., López G.D. Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas.
1994

La bioconversión de pentosas en polialcoholes es un proceso complejo en el que influyen numerosos factores, como la cepa utilizada, la historia de las células, las condiciones de cultivo y el medio de fermentación (sintético u obtenido a partir de un hidrolizado, en cuyo caso el proceso puede verse afectado por la presencia de otros azúcares y de compuestos inhibidores).

Capítulo 5

PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

5.1 PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS

En el mundo se llevan a cabo gran cantidad de estudios para desarrollar la producción a gran escala de alcohol a partir de biomasa lignocelulósica. Los materiales que más se han investigado son madera y residuos forestales, papel reciclado y residuos de la industria papelera, bagazo de caña, desechos agrícolas (hojas, ramas, hierba, frutas, paja, etc.) así como residuos sólidos urbanos.

Se ha estimado un valor de 6 para la relación salida/entrada de energía en el caso de la producción de bioetanol a partir de biomasa (Berg, 2001), es decir, la relación entre la energía liberada durante la combustión de alcohol y la energía necesaria para su producción considerando todo el ciclo de vida del producto desde la extracción de las materias primas y los insumos requeridos, pasando por su transporte, hasta el proceso de transformación hasta bioetanol. Lo anterior hace a esta materia prima muy atractiva, en especial en países que no cuentan con la facilidad de producir grandes cantidades de caña de azúcar.

El valor de esta relación para el bioetanol producido a partir de almidón de maíz varía de 1,1 a 1,2 (Prakash et al., 1998) y a partir de caña de azúcar esta relación aumenta hasta 8 (Berg, 2001).

El principal reto en la producción de etanol a partir de biomasa lignocelulósica es el pretratamiento e hidrólisis de la materia prima. El complejo lignocelulósico está compuesto principalmente de una matriz de carbohidratos compuesta de celulosa y lignina enlazada por cadenas de hemicelulosa.

El pretratamiento tiene como objetivo desintegrar esta matriz de tal manera que la celulosa reduzca su grado de cristalinidad y aumente la celulosa amorfa, que es la más adecuada para el posterior ataque enzimático. Adicionalmente, la mayor parte de la hemicelulosa se hidroliza durante el pretratamiento y la lignina se libera o puede incluso descomponerse.

En una etapa posterior, la celulosa liberada es sometida a hidrólisis enzimática con celulasas exógenas, lo cual hace que se obtenga una solución de azúcares fermentables que contiene principalmente glucosa, así como pentosas resultantes de la hidrólisis inicial de la hemicelulosa. Estos azúcares son posteriormente convertidos en bioetanol mediante microorganismos que pueden utilizar uno o varios de los azúcares presentes en el material lignocelulósico pretratado e hidrolizado.

Este complejo proceso puede ser representado por las reacciones:

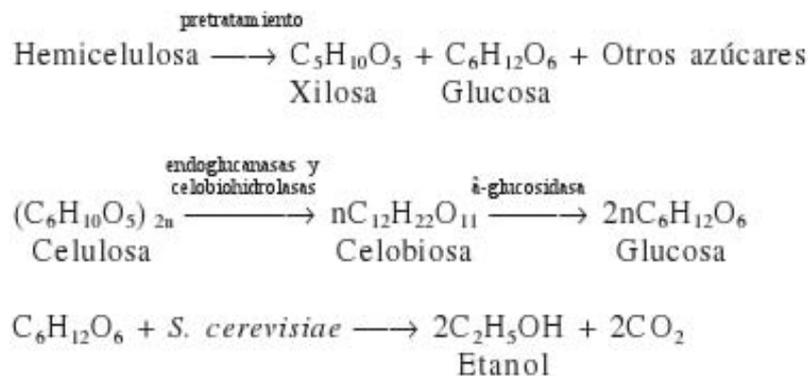


Figura 17. Reacción de conversión de azúcares a etanol

Fuente: Cunningham R.E., López G.D. Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas. 1994

El pretratamiento permite que los rendimientos en la hidrólisis de celulosa aumenten de menos del 20% de los rendimientos teóricos a valores mayores al 90% (Lynd, 1996).

Para el pretratamiento se han propuesto y desarrollado diferentes métodos, los cuales se relacionan en la Figura 18 a.b de acuerdo a la clasificación de Sun y Cheng (2002). Sin embargo, ninguno de los métodos de pretratamiento propuestos se puede aplicar en forma genérica a las diferentes materias primas (Claassen et al., 1999).

Esto justifica la realización de análisis detallados de estas tecnologías en cada caso en particular. La síntesis de procesos puede aportar las herramientas necesarias para descartar las opciones con menos perspectivas en forma preliminar, teniendo en cuenta nuevos procedimientos, esquemas y alternativas que se planteen en la etapa de diseño.

Durante el pretratamiento e hidrólisis de la biomasa lignocelulósica se forman, junto con los azúcares fermentables, gran cantidad de compuestos que pueden inhibir la fermentación subsiguiente. Las sustancias inhibitorias se originan como resultado de la hidrólisis de los diferentes componentes, de los ácidos orgánicos esterificados a la hemicelulosa, y de los derivados fenólicos solubilizados de la lignina. Así mismo, los inhibidores se forman a partir de productos de degradación de los azúcares solubles y de la lignina (Lynd, 1996; Palmqvist y Hahn-Hägerdal, 2000a, b).

Por eso, y dependiendo del tipo de pretratamiento e hidrólisis utilizados, es necesario llevar a cabo la destoxificación de las corrientes que van a ser sometidas a fermentación. En la figura 2.a y 2.b se condensan las principales características de los métodos de destoxificación más empleados para la obtención de bioetanol con base en la información compilada para hidrolizados de madera.

Luego del pretratamiento, la celulosa liberada es degradada hasta glucosa (sacarificación), lo cual puede hacerse con ácidos o enzimas (celulasas). La mayoría de las celulasas comerciales son producidas a partir de *Trichoderma reesei*, del cual se obtiene básicamente una mezcla de celobiohidrolasas y endoglucanasas (Lynd et al., 2002; Zhang y Lynd, 2004).

Las primeras hidrolizan los enlaces $\beta(1,4)$ de la cadena de celulosa a partir de los extremos no reductores o reductores liberando celobiosa o inclusive glucosa, mientras las endoglucanasas rompen estos mismos enlaces en forma aleatoria dentro de la cadena. Desafortunadamente, las celobiohidrolasas son inhibidas por la celobiosa, por lo que se agrega β -glucosidasa de otra fuente para complementar la acción de las celulasas de este hongo. La β -glucosidasa hidroliza la celobiosa obtenida en dos moléculas de glucosa.

Las etapas de hidrólisis y fermentación se pueden realizar en forma secuencial (hidrólisis y fermentación separadas, SHF por sus siglas en inglés) o llevando a cabo en una sola unidad la hidrólisis y la fermentación al mismo tiempo (sacarificación y fermentación simultáneas; SSF). El microorganismo más utilizado para este proceso es *S. cerevisiae* que fermenta las hexosas presentes en el hidrolizado pero no las pentosas.

La SSF muestra mayores rendimientos de bioetanol y menores consumos energéticos, pero las temperaturas de operación no son óptimas para la hidrólisis y se requiere de mayores dosis de enzimas. Wyman et al. (1992) realizaron una evaluación de los rendimientos de alcohol a partir de diferentes materiales lignocelulósicos en procesos de SSF y de SHF por lotes a 37°C con diferentes dosis de enzima y tiempos de proceso de 7-8 días.

South et al. (1993) llevaron a cabo ensayos de SSF en reactores por lotes adicionando celulasas a mezclas de madera dura y de álamo pretratadas con ácido diluido utilizando *S. cerevisiae*.

La conversión de celulosa alcanzó a los 3 días valores de 91% y 96% para la mezcla de madera dura y de álamo, respectivamente.

Se estudió también el comportamiento de un reactor CSTR para la SSF continua de la mezcla de madera dura alcanzando conversiones del 83% y concentraciones de Bioetanol de $20,6\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ para tiempos de residencia de 2-3 días. Se ensayó además la conversión microbiana directa (DMC, por sus siglas en inglés) de celulosa utilizando *C. thermocellum* que produce celulasas y a la vez fermenta la glucosa hasta etanol obteniendo mayores conversiones para tiempos de residencia de 0,5 días en comparación con la SSF continua.

MÉTODOS DE PRETRATAMIENTO DE LA BIOMASA LIGNOCELULÓSICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

Métodos	Procedimiento/Agentes	Observaciones	Ejemplos de materiales pretratados	Referencia
Pretratamientos físicos				
Pulverizado mecánico	Reducción a astillas, trituración, molienda.	Molinos: vibratorio de bolas (tamaño final: 0,2-2mm), de cuchillas o martillo (tamaño final: 3-6mm).	Residuos de madera y forestales (paja, madera dura), desechos de maíz, bagazo de caña, timothy, alfalfa.	Sun y Cheng, 2002; Rivers y Emert, 1988 Cadoche y López, 1989; Papatheofanous <i>et al.</i> , 1998; Alvo y Belkacemi, 1997.
Pirólisis	T>300°C	Formación de productos volátiles y carbón. Residuos de la pirólisis pueden someterse a hidrólisis ácida suave (1N H ₂ SO ₄ , T=97°C, 2,5h) para producir 80-85% AR (>50% de glucosa). Puede realizarse al vacío: 400°C, p=1mm Hg, 20min (algodón de desecho).	Madera, algodón de desecho.	Sun y Cheng, 2002; Yu y Zhang, 2003.
Pretratamientos físico-químicos				
Explosión a vapor	Vapor saturado a 160-260°C, p=0,69-4,85 MPa por varios segundos o minutos, luego descompresión hasta presión atmosférica.	Altas concentraciones de sólidos. Hidrólisis del 80-100% de la hemicelulosa, destrucción de parte de la xilosa obtenida, formación de inhibidores, se requiere posterior lavado con agua. Al combinarse con H ₂ SO ₄ , SO ₂ , o CO ₂ mejora la eficiencia de la posterior hidrólisis enzimática, disminuyendo inhibidores. Reducción de tamaño con menor gasto energético comparado con pulverización. Ocurre cierta despolimerización de la celulosa. La lignina no se solubiliza o lo hace muy poco, pero se redistribuye.	Bagazo, madera blanda, paja de arroz, madera de aspen, madera de eucalipto.	Sun y Cheng, 2002; Kaar <i>et al.</i> , 1998; Moniruzzaman, 1996; De Bari <i>et al.</i> , 2002; Heitz <i>et al.</i> , 1987; Söderström <i>et al.</i> , 2003; Lynd <i>et al.</i> , 2002.
Agua líquida caliente (LHW)	Agua caliente presurizada, T=170-230°C, 1-46min.	Concentraciones de sólidos <20%. Ocurre cierta despolimerización de la celulosa. Hidrólisis del 80-100% de la hemicelulosa, >50% oligómeros. Solubilización parcial de la lignina (20-50%). Conversión durante la hidrólisis de celulosa >90%. Baja o nula formación de inhibidores.	Bagazo de caña.	Lynd, 1996; Laser <i>et al.</i> , 2002; Lynd <i>et al.</i> , 2002.
Explosión de fibra con amoníaco (AFEX)	Dosis 1-2kg de amoníaco/kg de biomasa seca, 90°C, 30min.	Se requiere recuperación de amoníaco, no produce inhibidores. Conversión durante la hidrólisis de celulosa >90% (bagazo y hierba de Bermuda). Para biomasa con alto contenido de lignina no es muy eficiente (conversión de celulosa <50%). Ocurre cierta despolimerización de la celulosa. Hidrólisis del 0-60% de la hemicelulosa en dependencia de la humedad, más del 90% oligómeros. Ocurre cierta solubilización de la lignina (~10-20%).	Materiales herbáceos (paja de trigo y cebada, cascari-lla de arroz, desechos de maíz, switchgrass), residuos sólidos urbanos, papel periódico, alfalfa, astillas de aspen y bagazo.	Sun y Cheng, 2002, Dale <i>et al.</i> , 1996, Lynd <i>et al.</i> , 2002.
Explosión con CO ₂	Dosis de 4 kg CO ₂ /kg de fibra, p=5,62 MPa.	Conversión a glucosa durante la hidrólisis de celulosa >75% (alfalfa). No forma compuesto inhibitorios.	Alfalfa, mezcla de papel reciclado, bagazo de caña.	Sun y Cheng, 2002.

Figura 18.a. Métodos de pretratamiento (I). Fuente: Cunningham R.E., López G.D. Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas. 1994

Pretratamientos químicos

Ozonólisis	Ozono, reacción a temperatura y presión ambientales.	Degradación principalmente de lignina. Conversión durante la hidrólisis de celulosa: 57% (aserrín). No se forman inhibidores.	Paja de trigo, bagazo, heno verde, cacahuete, pino, paja de algodón y aserrín de álamo.	Sun y Cheng, 2002.
Hidrólisis con ácido diluido	H ₂ SO ₄ , HCl, HNO ₃ , al 1-5%. Procesos de flujo continuo para baja carga de sólidos (5-10% peso sustrato/peso mezcla) a T=160-200°C; procesos por lotes a alta carga de sólidos (10-40%) a T=120-160°C. Presiones cercanas a 1 MPa.	Hidrólisis del 80-100% de la hemicelulosa, altas conversiones de xilano a xilosa. La alta temperatura es favorable para la hidrólisis de celulosa. Se requiere neutralizar el pH para la posterior hidrólisis enzimática. Ocurre cierta despolimerización de la celulosa. La lignina no se solubiliza o lo hace muy poco, pero se redistribuye.	Desechos de maíz, bagazo de caña, madera de álamo, switchgrass, paja de trigo, astillas de álamo.	Sun y Cheng, 2002; Schell <i>et al.</i> , 2003; Rodríguez-Chong <i>et al.</i> , 2004; Esteghlalian <i>et al.</i> , 1997; Wooley <i>et al.</i> , 1999; Lynd <i>et al.</i> , 2002.
Hidrólisis con ácido concentrado	H ₂ SO ₄ al 10-30%, 170-190°C, relación 1:1,6 sólido-líquido. Ácido peracético 21-60%, sistema tipo silo.	Se requiere la recuperación del ácido. Tiempos de residencia mayores que en la hidrólisis con ácido diluido.	Bagazo de caña, aserrín de madera dura.	Cuzens y Millar, 1997; Teixeira <i>et al.</i> , 1999.
Hidrólisis alcalina	NaOH diluido, 24 h, 60°C	Remoción de lignina 24-55% para madera dura con contenido inicial de lignina del 20%, difícil remoción para maderas blandas con contenidos de lignina >26%. Hidrólisis de >50% de la hemicelulosa. Sustancial hinchamiento de la celulosa. Conversión durante la hidrol. de celulosa: 78,2% (paja de arroz), 67,1% (bagazo). Conversión durante la hidrol. de celulosa: proceso convencional, aprox. 54%; NaOH+H ₂ O ₂ , aprox. 65% (hojas de caña de azúcar).	Madera dura, pajas con bajo contenido de lignina (10-18%), desechos de maíz, bagazo de caña, hojas de caña de azúcar.	Sun y Cheng, 2002; Rivers y Emert, 1988; Hari Krishna <i>et al.</i> , 1998; Lynd <i>et al.</i> , 2002.
Deslignificación oxidativa	Peroxidasa y H ₂ O ₂ al 2%, 20°C, 8h.	Solubilización del 50% de la lignina y de casi la totalidad de la hemicelulosa. Conversión durante la hidrólisis de celulosa: 95% (aserrín).	Bagazo de caña.	Sun y Cheng, 2002.
Proceso organosolv	Solventes orgánicos (metanol, etanol, acetona, etilenglicol, trietilenglicol, entre otros) o su mezcla con 1% de H ₂ SO ₄ o HCl.	Ruptura de la lignina interior y de las uniones de hemicelulosa. Solubilización casi total de la lignina. Hidrólisis casi total de la hemicelulosa. Altos rendimientos de xilosa. Recuperación de solventes y su remoción del sistema para no inhibir los procesos biológicos subsiguientes.	Madera de álamo.	Sun y Cheng, 2002; Rezzoug y Capart, 1996; Lynd <i>et al.</i> , 2002.
<u>Pretratamiento biológico</u>				
Pretratamiento con hongos	Hongos de la pudrición blanca, blanda y parda. Producción de celulosas por fermentación en sustrato sólido.	Los hongos producen celulosas, hemicelulasas y enzimas degradadoras de lignina: ligninasas, lignin-peroxidadas, polifenoloxidasas, lacasas y enzimas reductoras de quinonas. Proceso muy lento: <i>Pleurotus ostreatus</i> convierte el 35% de la paja de trigo en azúcares reductores en cinco semanas. Hongos de la pudrición parda degradan celulosa Hongos de la pudrición blanca y blanda degradan celulosa y lignina.	Paja de trigo, desechos de maíz.	Sun y Cheng, 2002; Tengerdy y Szakacs, 2003.

Figura 18.b. Métodos de pretratamiento (II). Fuente: Cunningham R.E., López G.D. Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas. 1994

5.2 ETAPAS DE OBTENCIÓN

Generalmente el proceso de obtención de bioetanol conlleva tres etapas fundamentales las cuales son:

- Hidrólisis
- Fermentación
- Destilación

Dependiendo de las materias primas que utilicemos, serán de mayor importancia unas u otras, a continuación, vamos a introducir las etapas antes citadas.

La primera de ellas no entra dentro del análisis y diseño del presente proyecto al haberse llevado a cabo en el proyecto realizado anteriormente, a las materias primas se le realizó una hidrólisis ácida para la obtención de azúcares simples, que se define a continuación.

5.2.1 Hidrólisis

La hidrólisis consiste en la escisión de un compuesto por la acción del agua, lo que origina, al menos, dos productos. Por extensión, recibe este nombre todo proceso en el que se rompen enlaces químicos por acción del agua o de disoluciones ácidas o básicas.

Aplicado a la biomasa, la hidrólisis designa el fraccionamiento de los polímeros vegetales. Dependiendo de las condiciones de operación, se obtienen celulosa, hemicelulosas y lignina, o bien la descomposición puede producir la aparición de los oligómeros o monómeros que los constituyen. Este proceso puede ser catalizado por agentes bioquímicos (hidrólisis enzimática) o químicos (hidrólisis ácida o básica).

Las enzimas son compuestos biológicos que producen la ruptura de enlaces químicos específicos, a la vez que limitan la obtención de productos de degradación de los compuestos hidrolizados.

La hidrólisis enzimática se consigue por adición directa del enzima específico o bien mediante el cultivo de algún microorganismo que la pueda producir sobre el propio sustrato a utilizar.

En cuanto a la utilización de agentes químicos, la formación de los monosacáridos lignocelulósicos puede realizarse por dos procedimientos: tratar directamente el vegetal mediante un ácido o bien extraer las hemicelulosas por la acción de una base, purificarlas y posteriormente hidrolizarlas mediante un ácido o un microorganismo. Por esta razón, la hidrólisis básica puede considerarse un pretratamiento de los residuos lignocelulósicos. El fraccionamiento de la lignocelulosa mediante una base debe ser lo más completo posible y comportar un mínimo de degradación.

La acción de los ácidos provoca la ruptura de las uniones entre los monómeros de las hemicelulosas en condiciones más suaves que las requeridas para la hidrólisis de la celulosa.

5.2.1.1 Hidrólisis ácida

La hidrólisis ácida de las fracciones celulósica y hemicelulósica de los residuos vegetales constituye una reacción heterogénea en la que los reactivos se encuentran en fase sólida y el agente hidrolítico (H^+) en fase acuosa.

El proceso de hidrólisis está altamente condicionado por la naturaleza de la fracción del residuo que se desee hidrolizar, es decir, por su estructura. En este sentido, la fracción hemicelulósica, constituida por diversos polímeros de monosacáridos, fundamentalmente, presenta una estructura no cristalina que facilita el acceso a los enlaces de los ácidos, por lo que resulta relativamente fácil de hidrolizar. Los oligómeros, producidos durante el ataque del ácido, son solubles en agua y se hidrolizan con facilidad dando los monómeros correspondientes.

Esto explica el hecho de que la hemicelulosa puede solubilizarse a alta temperatura, incluso sin el concurso de ácidos.

Sin embargo, la fracción celulósica presenta un alto grado de cristalinidad; en realidad, los enlaces glucosídicos β 1-4 favorecen la disposición lineal de las moléculas de celulosa y la aparición de enlaces inter e intramoleculares por puentes de hidrógeno. Esta estructura cristalina confiere una gran estabilidad a las cadenas de celulosa y dificulta el acceso a los enlaces del ácido, haciendo que esta fracción sea comparativamente mucho más difícil de hidrolizar.

En cuanto al proceso de hidrólisis en sí, una de las principales decisiones consiste en la elección del ácido a utilizar. Se debe considerar, por un lado, la eficacia del agente hidrolítico, que dependerá de la naturaleza del residuo a tratar, y por otro, su coste.

Así, Fanta et al. (1984) han encontrado que el ácido trifluoroacético proporciona mejores resultados que el clorhídrico en la hidrólisis de la paja de trigo; adicionalmente, la posterior fermentación del hidrolizado con *P. tannophilus* rinde concentraciones de etanol similares a las obtenidas cuando se fermenta D-xilosa pura, lo que indica que los productos de degradación hidrolíticos se obtienen en bajas concentraciones.

En el aspecto económico, el ácido sulfúrico presenta el menor coste por mol de protones. Este hecho resulta especialmente importante si se tiene en cuenta que, en cualquier operación a escala industrial, será imperativo realizar una recuperación del ácido. El ácido clorhídrico, también relativamente barato, aunque menos que el sulfúrico, puede resultar más corrosivo para los equipos, especialmente a altas temperaturas.

La concentración del ácido y la temperatura del proceso son dos de las principales variables de operación. En general, cuanto mayor es la concentración, menor puede ser la temperatura para alcanzar el mismo grado de hidrólisis. Por motivos económicos, habitualmente se prefiere realizar el proceso con ácidos diluidos, Saeman (1945).

Debido a las diferencias en la accesibilidad a las distintas fracciones, algunos procedimientos de hidrólisis realizan el proceso en dos etapas, de manera que en condiciones suaves se retiran las hemicelulosas y, sobre el residuo lignocelulósico resultante, se lleva a cabo una hidrólisis de la fracción celulósica actuando con mayores concentraciones de ácido o mayor temperatura.

Esta forma de proceder tiene como objetivo, además de obtener en disolución los azúcares, minimizar la aparición de compuestos de degradación que se producirían en mayor medida si las condiciones más severas necesarias para la hidrólisis de la celulosa se aplicaran al residuo en su conjunto.

5.2.2 Fermentación

5.2.2.1 Fermentación etanólica de hidrolizados de residuos lignocelulósicos

La principal característica de la fermentación de hidrolizados de residuos lignocelulósicos es que, junto a los azúcares obtenidos, se encuentran también diversos productos procedentes de la hidrólisis que pueden inhibir el crecimiento de los microorganismos y por tanto el desarrollo de la fermentación.

Tal como se indicó anteriormente, entre estos componentes destacan el furfural, el 2-hidroximetil-5-furaldehído, el ácido acético y diferentes compuestos fenólicos. A pesar de los tratamientos de acondicionamiento a que se someten los hidrolizados con el objetivo de reducir la influencia de tales compuestos inhibidores, el resultado general suele ser una disminución en los rendimientos y en las velocidades de la fermentación, en comparación con los de procesos sobre medio sintético.

En la Figura 19 se muestran algunos resultados de la hidrólisis ácida y fermentación etanólica de diversos residuos lignocelulósicos. También Galbe y Zacchi (2002) han realizado una revisión bibliográfica de la producción de etanol a partir de maderas blandas.

Fanta et al. (1984) hidrolizan paja de trigo con ácido trifluoroacético 1 N, obteniendo un 80 % de rendimiento en D-xilosa. El hidrolizado, tras ser sometido a destilación a vacío para eliminar el ácido, se fermenta con *P. tannophilus* con resultados comparables a la fermentación de D-xilosa comercial, lo que indica que el proceso de hidrólisis no produce inhibidores en concentración suficiente como para afectar al crecimiento celular.

Zayed y Meyer (1996) describen un proceso para la producción de etanol a partir de paja de trigo empleando el hongo *Trichoderma viride* y la levadura *P. tannophilus*.

El hongo produce la sacarificación del residuo (27 g de azúcares reductores a partir de 50 g de paja de trigo delignificada), mientras que la levadura fermenta los azúcares para obtener 11,8 g de etanol, equivalentes a un 16,9 % en peso del residuo original.

TABLA 2.14
HIDRÓLISIS ÁCIDA DE DISTINTOS SUSTRATOS Y FERMENTACIÓN ETANÓLICA

SUSTRATO	ÁCIDO	CONDICIONES	AZÚCAR, g/dm ³		MICROORGANISMO		ETANOL		REFERENCIA
			D-glucosa	D-xilosa	Máx.	Y _{E/P} , g/g	Máx.	Y _{E/P} , g/g	
Madera álamo	SO ₂	Ca(OH) ₂ /H ₂ SO ₄ centrifugación	43		<i>E. coli</i> recomb.		17,0	0,40	Lawford y Rousseau (1991)
		Steam explosion	22,3		<i>Zymomonas mobilis</i>		11,0	0,50	Park et al. (1993)
Madera roble	H ₂ SO ₄	Tamiz molecular		21,7	<i>Pichia stipitis</i>		8,0	0,40	Tran y Chambers (1986)
Residuo maíz	H ₂ SO ₄	Ca(OH) ₂ y adaptación	6,2	32,6	<i>Pichia stipitis</i>		13,3	0,31	Hahn-Hägerdal et al. (1994a)
		TFA		45	<i>P. tanuophilus</i>		13,5	0,30	Fanta et al. (1984)
Paja de trigo	H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄	2	9	<i>F. oxysporum</i>		3,2	0,29	Kumar et al. (1991)
		Ca(OH) ₂		49	<i>Pichia stipitis</i>			0,31	Van Zyl et al. (1988)
		Ca(OH) ₂ /adap.	6,4	45	<i>Pichia stipitis</i>		12,9	0,36	Nigam (2001)
		CaO/NaOH/centr. Extracción eter etílico	1,2	10,1	<i>Pichia stipitis</i>			0,27	Delgenes et al. (1990)
Papel periódico	SO ₂		45,7	<i>E. coli</i> recomb.		14,6	0,38	Lawford y Rousseau (1993)	
Mezclas de maderas duras y blandas	n.e.	NaOH hasta pH 5,5	45		<i>Candida shehatae</i>		21,2	0,51	Sreenath y Jeffries (2000)
Eucalipto		Resina iónica	1,5	30	<i>Pichia stipitis</i>		12,6	0,36	Ferrari et al. (1992)
.e.: no especificado									

Figura 19 Hidrólisis ácida para distintos sustratos y fermentación
Fuente: Cunningham R.E., López G.D. Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas. 1994

5.2.2.2 Tipos de procesos en fermentación etanólica

La fase clave en todo proceso de fermentación es el diseño del biorreactor en el que se producirá la transformación de los sustratos (azúcares) en productos (principalmente etanol). La forma tradicional de operación de los equipos de fermentación es la discontinua, utilizando células libres. Este tipo de equipos presenta una serie de problemas, entre los que se pueden citar los siguientes, Lema y Núñez (1994):

- la pérdida de eficacia que suponen los periodos de puesta en marcha y parada
- la mayor repercusión de los costes fijos del equipo, debido a la baja productividad alcanzada
- La no homogeneidad del producto obtenido en operaciones en cargas consecutivas
- la separación del producto del medio de reacción se produce una vez finalizada la fermentación, dificultando esquemas de integración energética
- los largos periodos de tiempo requeridos para completar la fermentación

La menor productividad de las fermentaciones en discontinuo (del orden de 1 a 2,5 g/(dm³ h) se debe, en parte, a que se opera con una baja densidad celular, especialmente en los periodos iniciales, y a la imposibilidad de alimentar elevadas concentraciones de sustrato para evitar la ralentización del proceso por fenómenos de inhibición de sustrato o de producto. Además, en las operaciones discontinuas la fermentación tarda en completarse, ya que en el periodo final la concentración de producto es máxima y mínima la de sustrato, por lo que la velocidad del proceso disminuye notablemente.

Como objetivos comunes a los procesos de fermentación etanólica se pueden destacar:

- elevado rendimiento en etanol, tratando de convertir la casi totalidad de los azúcares a partir de materiales de bajo coste, ya que las materias primas constituyen uno de los mayores porcentajes del coste final del etanol
- recuperación del etanol mediante procesos energéticamente competitivos, mediante técnicas como destilación u otras alternativas, debido al alto coste de ésta, tales como ultrafiltración, ósmosis inversa, adsorción o extracción y fermentación a vacío
- operar a altas concentraciones iniciales de sustrato que proporcionen elevadas concentraciones de etanol, ya que los costes disminuyen a medida que se alcanza un producto final con mayor contenido en alcohol
- alcanzar una alta productividad, lo que incidiría en un menor coste del fermentador. Los dos principales factores que limitan el valor de este parámetro son la pérdida de eficacia debida a la inhibición por producto y la dificultad de retener altas concentraciones de microorganismos en el reactor, existiendo algunas soluciones técnicamente posibles para resolver la baja productividad, Figura 20 Lema y Núñez (1994).

SOLUCIONES PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN ETANOL

Limitación de la inhibición	Aumento de la concentración celular
Aproximación a reactor flujo de pistón	Reciclado de células
- Fermentador en lecho fijo	- Decantación/centrifugación
- Cascadas de RCTA	- Flocculación en torre
- Lecho agitado por fluidos	- Membranas
Eliminación de etanol	Inmovilización
- Fermentación a vacío y <i>flash</i>	- Atrapamiento
- Fermentación extractiva	- Adsorción
- Fermentación con membrana	- Membrana

Figura 20 Soluciones para aumentar la productividad en etanol
 Fuente: Cunningham R.E., López G.D. *Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas.* 1994

Estos problemas se reducen parcialmente utilizando una operación continua. Además los equipos en continuo son más fáciles de controlar, con lo que se garantiza una calidad de producto más homogénea y se reducen los costes de mano de obra. Por otra parte, la separación del producto puede integrarse en el proceso global, con una disminución significativa de costes energéticos.

En la Figura 22, Lema y Núñez (1994), se recogen algunos resultados de la eficacia de la fermentación etanólica lograda utilizando *S. cerevisiae* mediante diversos sistemas de operación en continuo.

Maiorella et al. (1984) realizan una evaluación económica de once procesos distintos de producción de etanol a partir de melazas y de hidrolizados celulósicos, incluyendo procesos en discontinuo, continuos, con recirculación o inmovilización celular y distintos sistemas de recuperación de etanol. Las características más importantes se resumen en la Figura 21.

COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ETANOL

Sistema	s_o % peso	E g/dm ³	Q_e g/(dm ³ h)	Coste de producto excluida separación, cent. \$/dm ³
RDTA	16,7	inicial	8,6	53,05
		final	85,6	
RCTA	15,6		79,1	51,29
RCTA+recirc.	16,7		85,6	49,06
RC Tubular	16,7	entrada	17,1	49,11
		salida	85,6	
Separación por membrana	12,9		50,0	47,26
Extracción	38,4		80,0	43,94
Destilación <i>flash</i>	38,7		50,0	44,46

Tabla 21 Comparación de sistemas de producción de etanol

Fuente: Cunningham R.E., López G.D. Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas. 1994

PRODUCCIÓN DE ETANOL CON *S. Cerevisiae* EN DIVERSOS SISTEMAS

Sistema	s_0 g/dm ³	Conv. %	D h ⁻¹	x g/dm ³	E g/dm ³	Q_E g/(dm ³ h)
Recirculación de células						
- RCTA	100	-	0,17	12	-	7
- RCTA+recirc.	140	99	1,33	166	65	84
- RCTA membrana	100	99	2,0	100	50	100
- Torre	112,5	99	0,43	105	51,4	26,5
Células inmovilizadas (alginato)						
- Lecho fijo	196	94	0,4		93,5	36,5
- Flujo cruzado	103	95	-		48,0	37,1
- Tambor rotatorio	125	96	0,2		59,5	11,9
Eliminación continua de etanol						
- Vacío	334	99				40
- Disolvente (dodecanol)	409	99				1,0
- Borboteo de gas	300	-				4,6
- Disolvente (tri-n-but-fosfato)	506	99				48

Tabla 22 Producción de etanol con S. Cerevisiae en diversos sistemas
 Fuente: Cunningham R.E., López G.D. *Etanol de lignocelulósicos: Tecnología y perspectivas.*
 1994

5.2.3 Destilación

A continuación se describen algunos de los diferentes procesos de destilación existentes:

5.2.3.1 Destilación a vacío

El sistema para obtener etanol anhidro consta de dos columnas consecutivas: la columna 1 se alimenta con una solución diluida para llevarla hasta composición cercana a la azeotrópica y luego esta solución se lleva a la columna 2 en donde se hace vacío para deshidratar el etanol y obtener una composición por encima del 99% en volumen.

La variación de la relación de reflujo y el número de platos requerido para la separación no tiene influencia importante sobre la eficiencia de la misma, de tal manera que para obtener producto de alta pureza es necesario utilizar columnas de deshidratación con un gran número de platos (por encima de los 40) y con altas relaciones de reflujo, incurriendo en elevados consumos energéticos y altos costes de construcción de la torre (diámetros grandes).

En la figura 23 se presenta un diagrama esquemático del proceso.

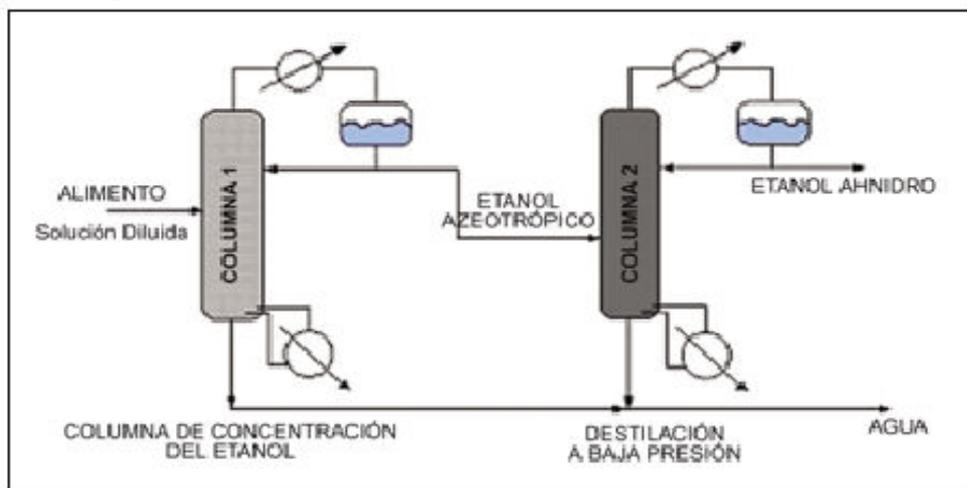


Figura 23 Destilación a vacío

Fuente: Gil, Uyazan A.M., Aguilar J.L. Rodríguez G., Caisedo L.A. "Diseño y operación de una columna de destilación extractiva" 2006

5.2.3.2 Destilación azeotrópica

Esta técnica aprovecha la formación de nuevos azeótropos mediante la adición de un agente de separación que modifica la condición de azeotropismo a una más favorable para el sistema.

El sistema de separación consta de tres columnas: al igual que en la destilación al vacío, la primera se utiliza para concentrar la solución alcohólica hasta un punto cercano al azeotrópico; la segunda, en la que se alimenta un agente de separación, permite obtener como producto de cabeza un azeótropo heterogéneo que arrastra el agua y que se condensa para llevarlo luego a un decantador en el que se produce una separación de fases, y como producto de cola se obtiene etanol anhidro; la tercera columna se alimenta con la fase acuosa del azeótropo formado para retirar el disolvente remanente y devolverlo a la columna 2.

El agente de separación se selecciona con criterios económicos, toxicidad, eficacia en la separación y conservación de energía. El pentano y el ciclohexano han demostrado tener los mejores rendimientos desde el punto de vista del consumo energético; sin embargo, industrialmente son muy utilizados el benceno y el dietil-éter. El pentano es muy volátil y, por lo tanto, las pérdidas por evaporación son considerables y lo ponen en desventaja con relación a otros agentes de separación.

En la figura 24 se presenta un diagrama esquemático del proceso.

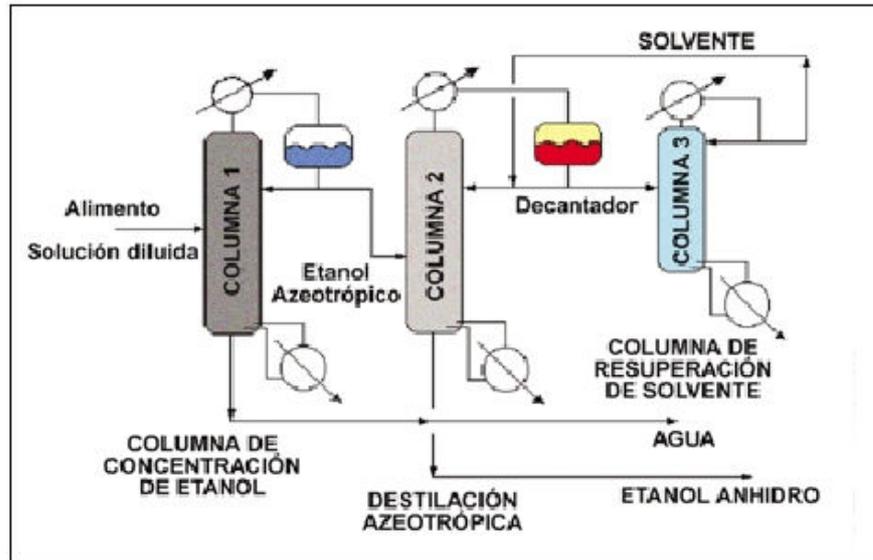


Figura 24. Destilación azeotrópica

Fuente: Gil, Uyazan A.M., Aguilar J.L. Rodríguez G., Caisedo L.A. "Diseño y operación de una columna de destilación extractiva" 2006

5.2.3.3 Destilación extractiva

La destilación extractiva es un proceso de vaporización parcial en presencia de un agente másico de separación, no volátil y de alto punto de ebullición que generalmente es llamado "disolvente", el cual se adiciona a la mezcla azeotrópica para alterar la volatilidad relativa del componente clave sin la formación adicional de azeótropos.

Generalmente, el disolvente se alimenta en la parte superior de la columna, en una etapa anterior a la corriente de alimentación y permanece en una concentración apreciable en la fase líquida a lo largo de toda la columna. Finalmente, se retira de la columna como producto de cola con uno de los componentes que se está separando. Los disolventes más utilizados en la destilación extractiva del etanol son los glicoles, el glicerol, la gasolina y, para el caso de la destilación extractiva salina, sales de acetato e inorgánicas: CaCl_2 , AlCl_3 , KNO_3 , $(\text{CuNO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, K_2CO_3 .

Un sistema convencional de destilación extractiva, para obtener etanol anhidro, consta de dos columnas y un sistema de regeneración del disolvente que, para el caso de disolventes líquidos, es otra columna. Cuando se usan sales se requiere un sistema de evaporación y cristalización. La columna 1 tiene la función, al igual que en los otros procesos anteriormente mencionados, de llevar una solución diluida de etanol hasta una composición cercana a la azeotrópica.

En la columna 2, se alimenta la mezcla azeotrópica en un plato intermedio y el disolvente en una de las etapas superiores. Como producto de cabeza de esta columna se obtiene etanol anhidro y en los fondos se recolecta una mezcla de disolvente-agua, la cual se alimenta a la columna 3 para recuperar el disolvente y devolverlo a la columna 2. Para el caso en el cual se utiliza una sal como agente de separación, ésta se alimenta por disolución en la corriente de reflujo de la torre de destilación extractiva y luego se lleva a un sistema de regeneración.

La figura 25 presenta un diagrama esquemático del proceso.

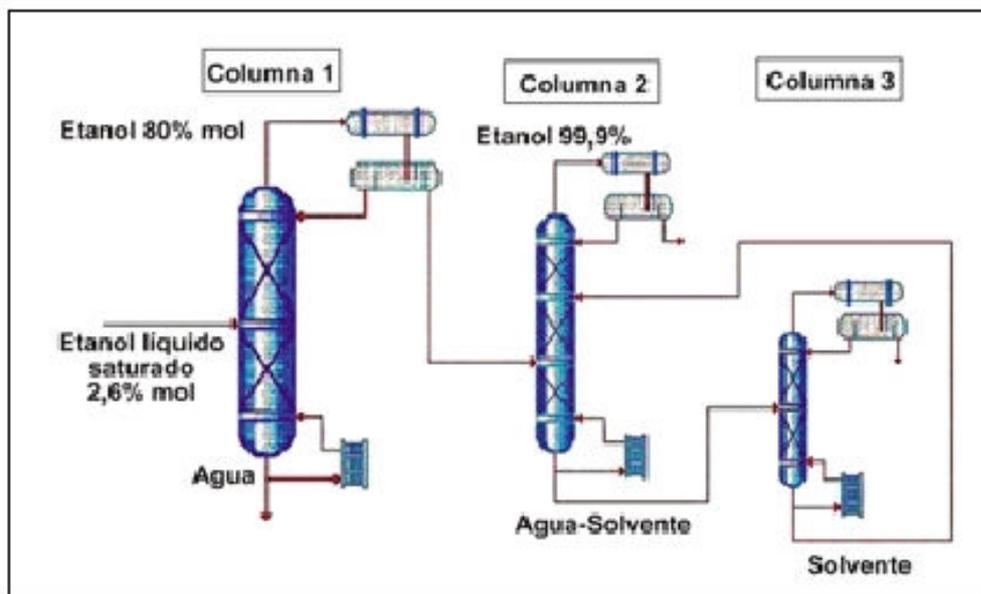


Figura 25. Destilación extractiva

Fuente: Gil, Uyazan A.M., Aguilar J.L. Rodríguez G., Caisedo L.A. "Diseño y operación de una columna de destilación extractiva" 2006

5.2.3.4 Tamices moleculares

Los tamices moleculares son sustancias granulares de forma cilíndrica o esférica, fabricados a partir de aluminosilicatos de potasio. Son identificados de acuerdo al tamaño nominal de los poros internos. Los tamices moleculares son materiales que se caracterizan por su excelente capacidad para retener sobre su superficie ciertos tipos de especies químicas. Estas especies son por lo general disolventes (agua la mayoría de las veces), que se desean retirar para la obtención de un producto final con unas especificaciones dadas. Una de las características esenciales en las operaciones que involucran la acción de tamices moleculares está en que la cantidad de la sustancia a remover por medio del tamiz debe ser baja.

El proceso de separación por tamices moleculares puede operar en fase líquida o de vapor. En la operación en fase líquida, se utiliza gas caliente para la regeneración del lecho de tamiz. Esto conduce a un deterioro acelerado por causa del choque térmico. La regeneración (que no es otra cosa que la remoción del agua adsorbida sobre la matriz) se lleva a cabo haciendo pasar una corriente de gas caliente (N_2 o CO_2) a través del lecho de tamiz molecular. Este gas debe ser químicamente inerte, de alta pureza, con una presión cercana a 200 psig y no debe contener oxígeno o aire.

La operación en fase vapor permite alargar la vida promedio del tamiz hasta por 10 años, ya que la regeneración se hace recirculando parte de los vapores de etanol anhidro sobrecalentado al lecho, con el fin de retirar la humedad acumulada.

En la figura 26 se presenta un diagrama esquemático del sistema de tamices moleculares.

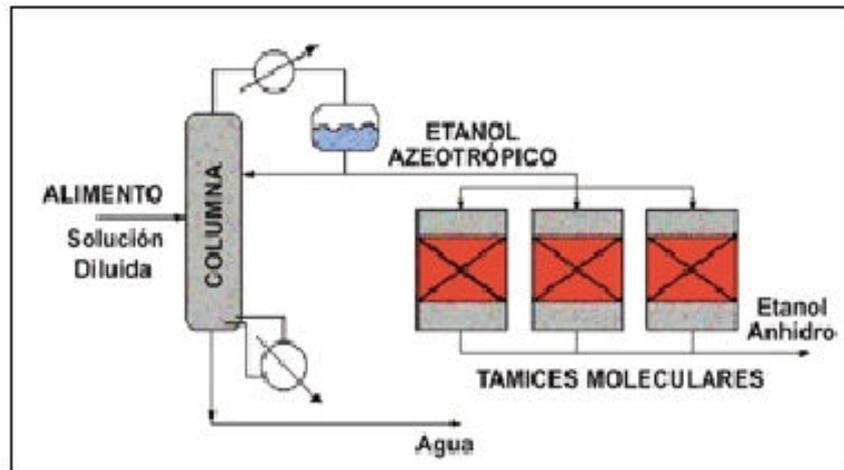


Figura 26. Sistema de tamices moleculares

Fuente: Gil, Uyazan A.M., Aguilar J.L. Rodríguez G., Caisedo L.A. "Diseño y operación de una columna de destilación extractiva" 2006

5.2.3.5 Pervaporación

La pervaporación es un proceso de separación relativamente nuevo, en el cual se remueven compuestos orgánicos volátiles de mezclas acuosas a través de una membrana y que tiene elementos en común con la ósmosis inversa y la separación de gases. Se alimenta una mezcla líquida a un lado de la membrana y el producto permeado se remueve al otro lado como un vapor a baja presión.

La operación se inicia alimentando etanol del 94%p, obtenido de una torre de destilación anterior, que se encuentra en el tanque V-101 de la figura 27, al primer módulo de preevaporación a través de la bomba P-101 a una velocidad de flujo determinada.

El sistema cuenta con nueve módulos que están agrupados en cuatro etapas, cada una de las cuales tiene un intercambiador de calor que lleva la solución de etanol hasta una temperatura de 60°C antes de entrar a los módulos.

Las primeras dos etapas están constituidas por dos módulos cada una; allí se recircula una buena parte del etanol con el fin de evitar el enfriamiento de la solución de alimentación, a causa del calor de vaporización del agua, lo que provoca una baja eficiencia de permeación. La recirculación obliga a que las dos primeras etapas operen sus módulos en paralelo para poder recibir los elevados flujos que se generan. Las etapas tres y cuatro tienen módulos operando en serie debido a que los flujos son más bajos y se aproximan al flujo de alimentación.

El sistema tiene además dos líneas de vacío (de 5 torr y 1 torr) para aumentar la eficiencia de la permeación. El agua se retira en forma gaseosa a través del condensador E-201, que opera entre 5 y 7°C. La presión de vacío se regula por la bomba de succión de agua C-201 a 30 torr.

En la figura 27 se presenta un diagrama esquemático del proceso.

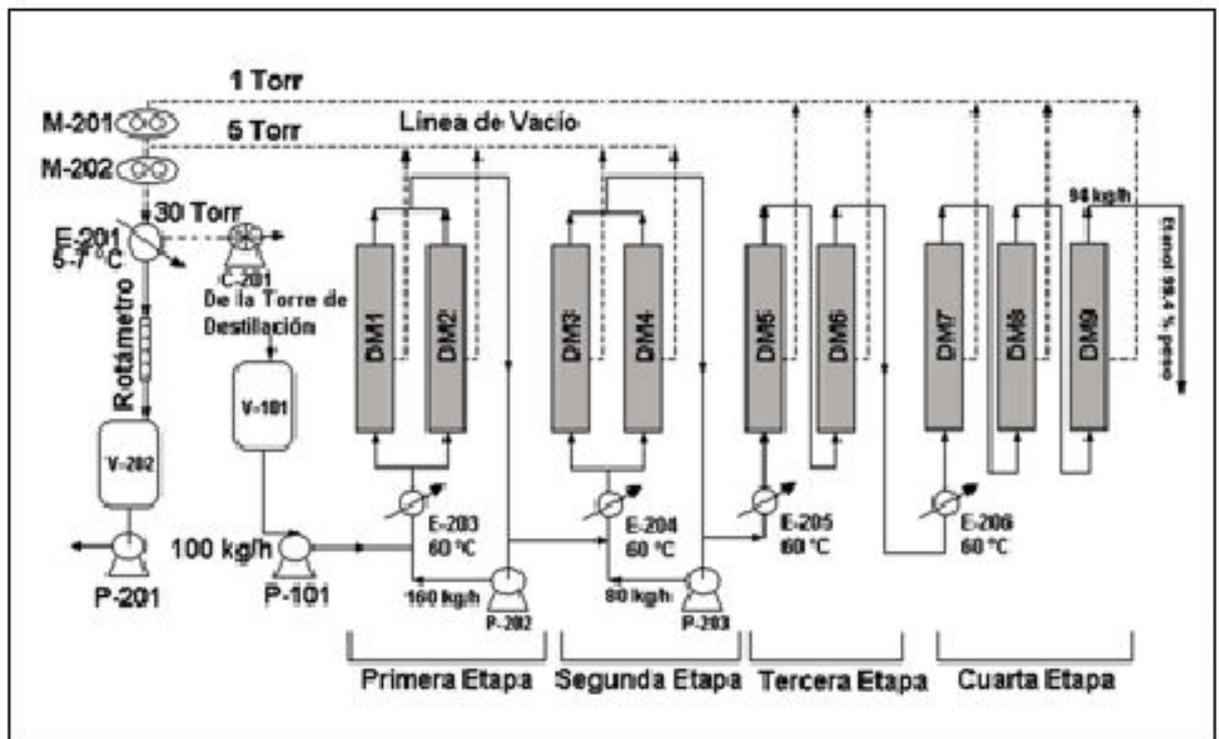


Figura 27. Pervaporación

Fuente: Gil, Uyazan A.M., Aguilar J.L. Rodríguez G., Caisedo L.A. "Diseño y operación de una columna de destilación extractiva" 2006

5.2.3.6 Procesos híbridos

La combinación de procesos y técnicas tiene como objetivo mejorar la eficiencia de separación al menor costo posible. Los procesos híbridos son las tecnologías más prometedoras para la deshidratación de etanol, en especial el sistema destilación-pervaporación.

En un proceso híbrido que integra la destilación con la preevaporación, se produce etanol al 99,5% en peso a partir de una alimentación del 60% en peso (Figura 28)

La alimentación se envía a la columna de destilación, que opera a presión atmosférica, donde se produce por el fondo agua casi pura y un destilado rico en etanol.

Luego el destilado se envía a una etapa de preevaporación, donde se produce un permeado y un retenido con un alcohol al 25% y 99,5% en peso, respectivamente.

El vapor permeado se condensa bajo condiciones de vacío y se recircula a la columna de destilación. Los procesos híbridos disminuyen considerablemente los costos de inversión y operación del proceso, si éstos se comparan con los requerimientos de cada proceso por separado.

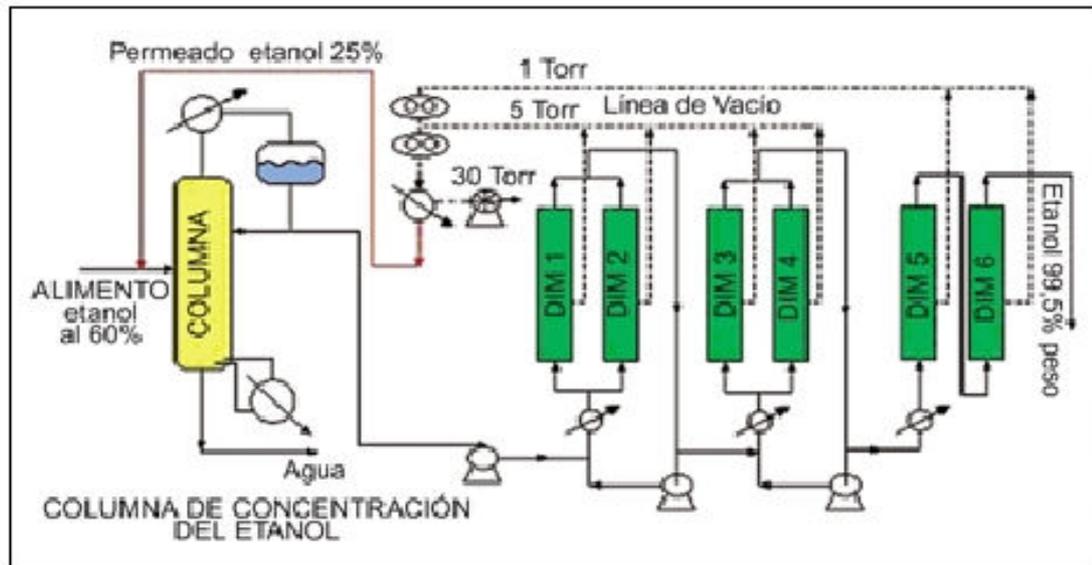


Figura 28 Diagrama de procesos híbridos

Fuente: Gil, Uyazan A.M., Aguilar J.L. Rodríguez G., Caisedo L.A.
"Diseño y operación de una columna de destilación extractiva" 2006

ANÁLISIS Y DISEÑO

CAPÍTULO 6

UBICACION DE LA PLANTA

6.1 INTRODUCCIÓN

Para la localización de la planta, se ha tenido en cuenta una serie de condiciones que deberá cumplir la zona geográfica para suplir sus necesidades, y asegurar un funcionamiento óptimo de la misma.

Entre estas condiciones se tendrán en cuenta:

- *Suministro de combustible*
- *Suministro eléctrico*
- *Comunicaciones*
- *Clima*

Al ser el presente proyecto una continuación de un proyecto anterior *“Diseño de una planta piloto de procesado de residuos de cosecha de girasol por hidrólisis ácida”*, la planta de proceso estará lo más próxima al tratamiento de la materia prima, así pues, se ha tomado la decisión de ubicarla dentro del polígono industrial de las Aletas, situado en Puerto Real.

La parcela destinada a la planta tendrá una superficie de 12000 m², con 112 m de largo y 98 m de ancho, aproximadamente.

Este recinto se encuentra en una fase muy adelantada de construcción y que dispondrá de hasta 527 hectáreas en una zona de alto valor logístico de zona industrial y comercial, y que está llamado a ser el de mayor capacidad industrial del sur de Andalucía. Así, en unas recientes publicaciones de la prensa, describen al polígono de “Las Aletas” como un polígono industrial de referencia, muy competitivo para ofrecer alternativas a nuevas empresas, que le dota de opciones para integrar actividades productivas muy diversas.

Indicar por último que el lugar elegido está perfectamente comunicado e integrado por medio de vías terrestres, marítimas y/o aéreas con Europa y el mercado nacional.



Figura 29 Vista aérea europa

Fuente www.earth.google.com



Figura 30 Vista aérea andalucia

Fuente www.earth.google.com

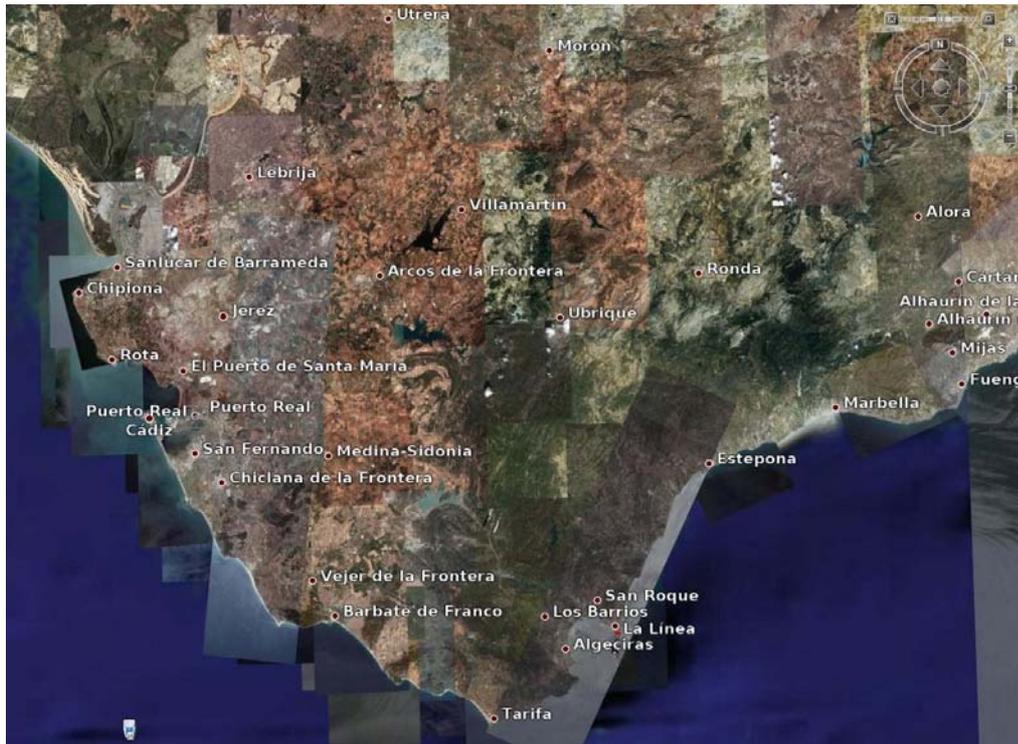


Figura 31 Vista aérea provincia de Cadiz

Fuente www.earth.google.com



Figura 32 Vista aérea de la parcela en el poligono de “Las Aletas”

Fuente www.earth.google.com

6.2 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE

El suministro de energía de la zona está garantizado. El combustible seleccionado para la obtención de energía es el gas natural, por su bajo coste y excelente disponibilidad. El continuo aumento del consumo de gas natural en España asegura el suministro, ya que se trata de una fuente de energía que goza de relativa estabilidad debido a las amplias reservas disponibles en el mundo, y especialmente de las que España se abastece.

El hecho de que se pretenda emplear mayoritariamente gas natural, como combustible, no impide el posible uso de otros combustibles en determinadas ocasiones o procesos, si existe la posibilidad de usarlos donde se instale la planta.



Figura 33 Tanque de Gas Natural

Fuente: www.wikipedia.com

El gas natural es tal vez el que más se acerca al combustible ideal, pues carece prácticamente de gas incombustible o residuo sólido. Consta principalmente de metano con pequeñas cantidades de otros hidrocarburos, especialmente etano, aunque también se suelen encontrar presentes el anhídrido carbónico y el nitrógeno en pequeñas proporciones.

Características termotécnicas del gas natural:

<i>Peso específico</i>	<i>0,83 kg/Nm³</i>
<i>Densidad relativa</i>	<i>0,64</i>
<i>(PCS)s</i>	<i>10347 Kcal/Nm³</i>
<i>(PCD)s</i>	<i>9300 Kcal/Nm³</i>
<i>Volumen de aire teórico</i>	<i>10,37 m³ aire/m³ gas</i>
<i>Volumen de humos húmedos</i>	<i>11,48 m³ humos/m³ gas</i>
<i>Volumen de humos secos</i>	<i>9,39 m³ humos/m³ gas</i>
<i>Concentración máxima de CO₂ en humos secos</i>	<i>11,98 %</i>
<i>Limite superior de inflamabilidad en aire</i>	<i>4,8-13,6 %</i>
<i>Índice de Wobbe</i>	<i>13,765 %</i>

6.3 SUMINISTRO ELÉCTRICO

El suministro de energía en la zona está garantizado, ya que la planta se situará en una zona industrializada. La ubicación concreta no supone ningún problema, ya que habría diversos centros de transformación ubicados en distintos puntos del polígono, abasteciendo los diferentes equipos que necesiten la electricidad para su funcionamiento.

6.4 COMUNICACIÓN Y TRANSPORTE.

En este apartado se tienen en cuenta las posibilidades de distribución de los productos obtenidos en la planta. Se trata de un suelo industrial y comercial muy bien comunicado, por la vía férrea, por puerto de mar y por autopista.

La situación geográfica del Polígono le confiere una posición estratégica que facilita las labores de distribución de aquellas empresas con actividades comerciales en el resto del territorio español y el extranjero. Además, su proximidad con otros polígonos industriales resulta un factor de comodidad y de reducción de costos.

6.5 CLIMA

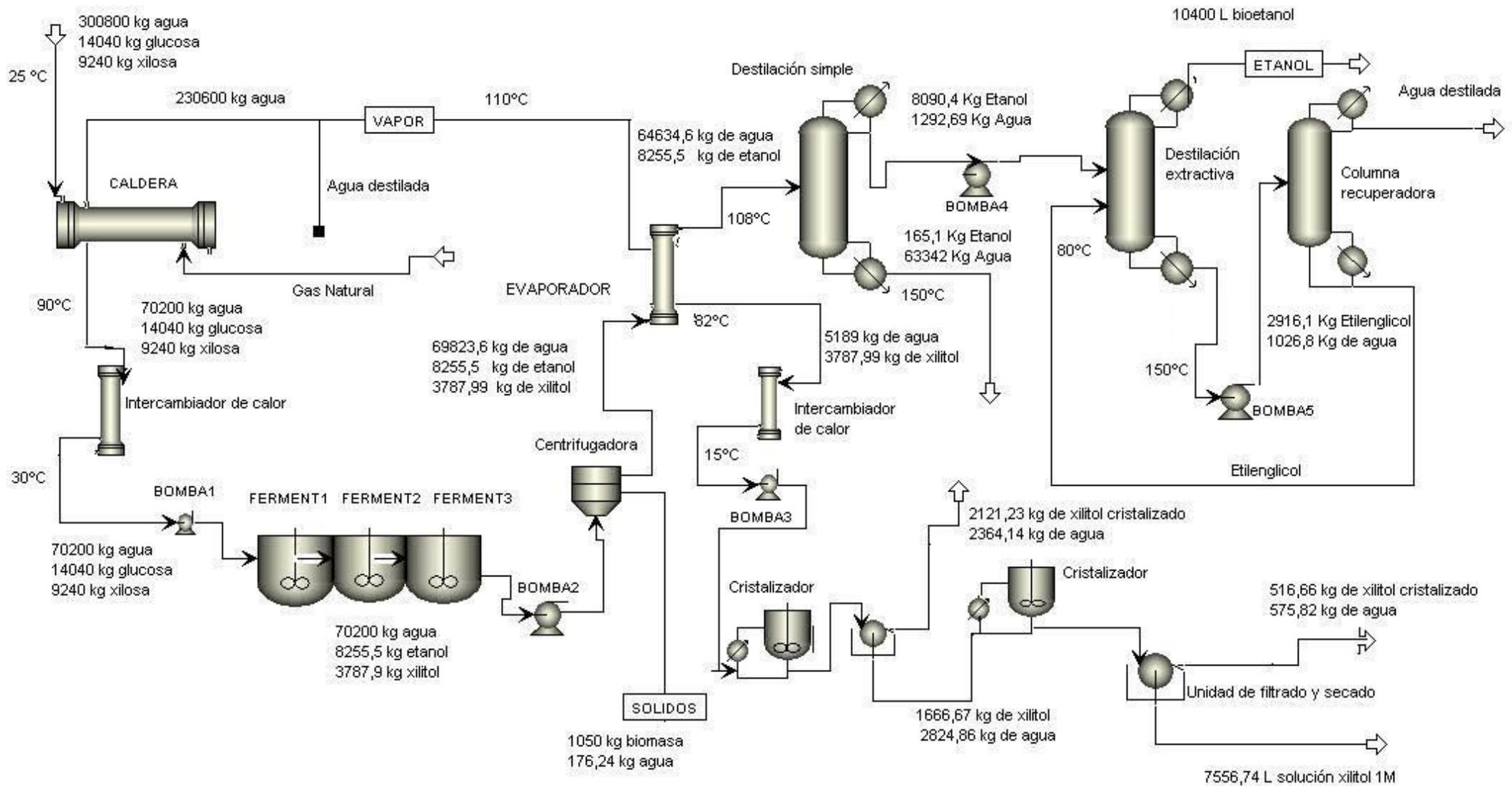
La zona elegida posee un clima que es óptimo para el desarrollo industrial, debido a que no presenta cambios bruscos de temperatura, siendo un clima templado, con una media de 18,2 °C, y al estar situada en el sur de España disfruta de muchas horas de sol al año lo que supone un gran ahorro de energía y la posibilidad de desarrollar sistemas de utilización de la energía solar como fuente de energía alternativa, actividad de futuro en el sector industrial.

En cuanto a la pluviometría la zona tiene una media de 538,8 mm. Por otra parte destacar el viento predominante es del este pudiendo alcanzar en algunas ocasiones una elevada intensidad.

Capítulo 7

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA PLANTA DE PROCESOS

7.1 DIAGRAMA DE PROCESO



7.2 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN LA PLANTA DE PROCESOS

En un mundo de competencia como es el de la industria, deben analizarse todos los posibles caminos hacia la reducción del coste. En muchas industrias, es ya difícil, si no imposible, asegurar una ventaja frente a la competencia, en cualquiera de los factores principales. Los materiales, la maquinaria, los métodos de distribución y aun los salarios, han llegado a ser más y más estandarizados. Por lo tanto, la dirección debe asegurar, cada vez más, a través de los detalles (detalles que afecten al precio de coste), sus márgenes de beneficio. Uno de estos importantes detalles es la distribución en planta.

El enfoque y resolución de los problemas de distribución es tan importante en alcance y variedad que sólo se le puede comparar al diseño del proceso.

Las actividades del diseño del proceso y las del diseño de distribución están íntimamente relacionadas. En el diseño de proceso se pueden aplicar más rápidamente los principios de ingeniería a un problema específico. En el diseño de la distribución, todas sus actividades se sobrepasan con las áreas de todas las disciplinas de diseño trayendo consigo una gran complejidad. Muchos principios y requerimientos tienen que conjugarse para poder ser aplicados, y finalmente conseguir una distribución de planta económica y estética.

En la disposición del equipo (instalaciones, máquinas, etc.) y área de trabajo, la distribución es un problema que no es posible evitar.

El mero hecho de colocar equipo en el interior de un área ya representa un problema de ordenación. El trabajo de ubicación en planta implica la ordenación física de los elementos industriales; esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye espacios necesarios, mínimos para el mantenimiento del equipo y la maquinaria, almacenamiento, servicios y otras actividades.

Así pues, el plano de localización del equipo está relacionado con el arreglo espacial y tiene una influencia vital en la eficiencia y utilidad de las plantas químicas.

Las buenas prácticas de distribución consiguen un balance económico de los requerimientos de seguridad, construcción, mantenimiento, operación, futuras expansiones y las variables de proceso como flujo por gravedad o altura positiva de succión de bombas.

Deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Escala y alcance de la operación
- Limitaciones existentes de lugar
- Consideraciones de seguridad
- Supervisión de operación.
- Suministro de servicios
- Requerimientos de manejo de materiales.
- Conveniencia en el mantenimiento.
- Economía en la construcción.
- Expansión futura o posibles adiciones.
- Condiciones del suelo.
- Información básica del contrato.
- Especificaciones y estándares de trabajo.
- Requerimientos del cliente.
- Diagramas de flujo de proceso.
- Dimensiones preliminares del equipo.
- Equipo y subestaciones eléctricas.
- Localización de acometidas de servicios incluyendo corriente eléctrica.
- Dimensiones preliminares de edificios.
- Información de plantas similares.

De entre esta información necesaria para iniciar un “plot-plan”, es fundamental el diagrama de flujo del proceso, y como información básica del proyecto, las “bases de diseño”, ya que en este documento se encuentran definidos todos los requerimientos de la planta, así como la localización de las características climatológicas del lugar.

Una buena distribución del equipo puede lograr las siguientes beneficios:

- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad a los operadores.
- Elevación de la moral y la satisfacción del operador.
- Incremento de la capacidad útil del terreno.
- Disminución de retrasos en la operación del proceso.
- Se facilita el mantenimiento del equipo, etc.

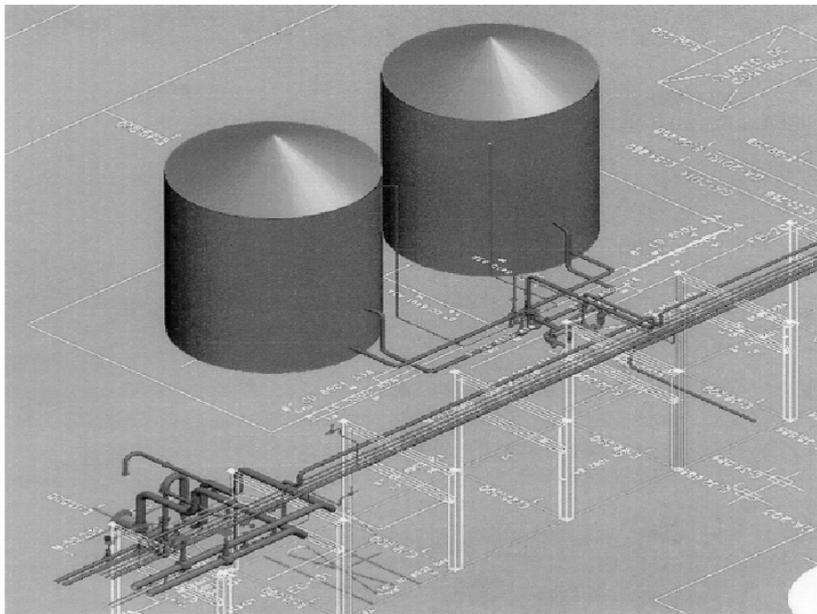


Figura 34 Distribución de equipos en planta

Fuente: Anaya A., "Implantacion de equipos en plantas" 1998

7.3 CORRIENTE DE ENTRADA A LA PLANTA DE PROCESO

La corriente de entrada de nuestra planta, proviene de un hidrolizado ácido realizado a los residuos de girasoles cuya composición es la siguiente:

- 300800 kg de agua
- 10080 kg de glucosa
- 13200 kg de Hemicelulosa

Como hemos visto anteriormente, la fracción de hemicelulosas que contiene los residuos lignocelulosicos, son complejos de hidrolizar pero si se someten a unas condiciones dadas (Tellez et al 2002; Zacchi et al 2006), se puede llevar a cabo la hidrolización de dicha fracción y así poder utilizar la glucosa que contiene. El problema que presenta la hidrolización de esta fracción es que la hemicelulosa cuando se hidroliza, obtenemos dos compuestos, por una parte obtenemos glucosa, y por otro xilosa, característica de los residuos lignocelulosicos.

Según los autores antes citados, el porcentaje de hidrolizado que se obtiene de la fracción de hemicelulosa, es de 30% de glucosa y de 70% de xilosa. Así pues, la composición de el efluente será la siguiente:

- 300800 kg de agua
- 14040 kg de glucosa
- 9240 kg de xilosa

7.4 EVAPORACIÓN

El primer acondicionamiento que tenemos que realizar al efluente es una disminución de la cantidad de agua que posee la corriente, para evitar trabajar con grandes volúmenes además de concentrar tanto la glucosa como la xilosa ya que dicha corriente va a ser el posterior caldo de fermentación en la obtención de etanol.

Para llevar a cabo la evaporación del agua, la corriente va a pasar a través de unos quemadores que van a proporcionar el calor necesario para que se produzca la evaporación.

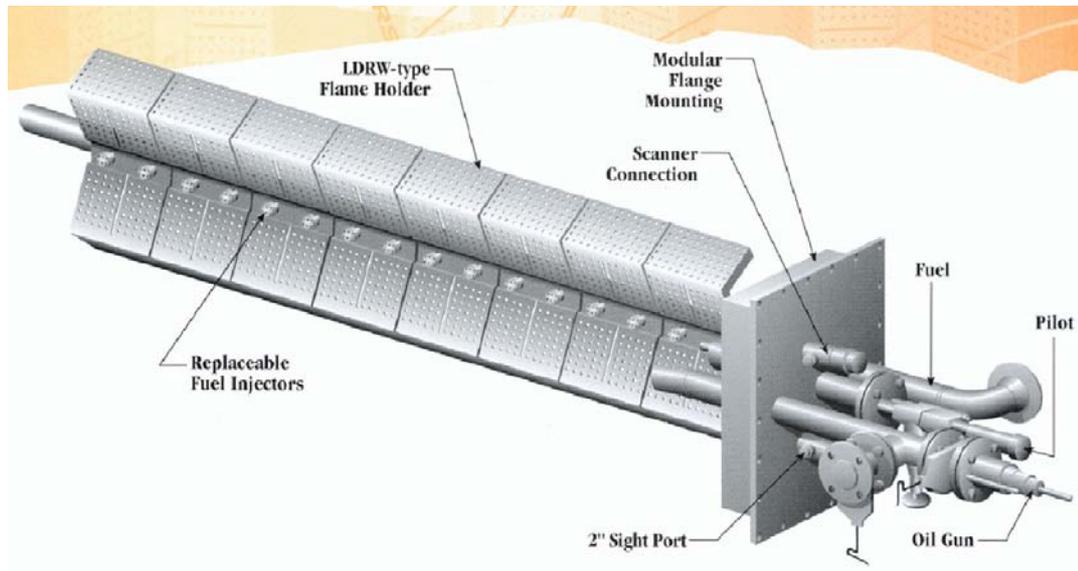


Figura 35 Esquema de un quemador de la caldera

Fuente: www.johnzink.com

La cantidad de agua a evaporar vendrá dado por la concentración del caldo de fermentación, según (Gray W.D., 1946) la levadura *Saccharomyces cerevisiae* es capaz de tolerar una concentración en el medio de cultivo de glucosa de 250 g/l. Teniendo en cuenta este dato, nuestro caldo fermentativo tendrá una composición de 200 g de glucosa/l.

Para la obtención de dicha concentración y teniendo en cuenta que nuestra corriente posee una concentración de 46,67 g/l de glucosa, la cantidad de agua necesaria para tener una concentración de 200 g/l de glucosa es de 70200 L de agua, así pues, la cantidad de agua a evaporar será de 230600 L de agua.

Para llevar a cabo la evaporación del agua, se va a disponer una serie de quemadores en el centro de un haz de ocho tubos. Los tubos tendrán una longitud de 10 m al igual que los quemadores envueltos en una carcasa para la protección de los trabajadores y para evitar la pérdida de calor.



Figura 36 Envoltente de la caldera

Fuente: www.aaronequipment.com

La cantidad de calor a aportar (véase anexo de cálculos) por los quemadores es el resultado de la combustión de gas natural, que es el combustible elegido para abastecer a la planta debido a que los combustibles gaseosos son apropiados para la generación de calor, debido a su facilidad de control, la práctica ausencia de residuos sólidos, y el poco exceso de aire necesario para ser quemados lo que contribuye a su alto rendimiento.

7.5 FERMENTACION ALCOHÓLICA

La fermentación alcohólica es un proceso anaerobio realizado por las levaduras, básicamente pero también lo pueden realizar algunas bacterias.

Las levaduras son microorganismos, unicelulares que consiguen su energía por medio de la fermentación alcohólica, en la que rompen las moléculas de glucosa para obtener la energía para sobrevivir y producen el alcohol como consecuencia de la fermentación.

7.5.1 ELECCIÓN DEL MICROORGANISMO

El microorganismo ideal para un proceso de fermentación sería aquel que combinara rapidez y eficiencia en la conversión de la fuente de carbono, como son la glucosa y xilosa en nuestro proceso, y también que tuviera una alta tolerancia al producto, etanol en nuestro caso y a los diferentes compuestos inhibitorios que pudieran existir en el medio de fermentación.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* ha sido utilizada desde la antigüedad para la elaboración de alcohol a partir de azúcares, principalmente hexosas, teniendo una alta conversión en etanol y con una alta tolerancia a dicho producto.

Pero el problema que se nos plantea es que *Saccharomyces cerevisiae* es incapaz de fermentar pentosas, disminuyendo así su eficiencia a la hora de obtener etanol ya que los residuos lignocelulósicos poseen una gran parte de pentosas en forma de xilosa.

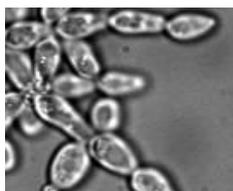


Figura 37 Microorganismos modificados genéticamente

Fuente: www.wikipedia.com

Al comenzar la década de los '80 se descubre la posibilidad de fermentación directa de la xilosa por varias especies de levaduras, de las cuales sólo unas pocas pueden llevar a cabo este proceso con productividades de interés práctico: *Pasycholen tannophilus*, *Candida shehatae* y *Pichia stipitis*.

También algunas bacterias y hongos son capaces de llevar a cabo esta fermentación directa, si bien con producción simultánea de otros productos, tales como 2-3 butanodiol, ácido acético, ácido formica, etc..

Así (Sonderegger et al, 2004) realiza un estudio en el cual compara distintas cepas para la obtención de etanol a partir de residuos lignocelulosicos.

Table I. Strains and populations used.

Strains and populations	Description	Reference
Laboratory strains		
TMB3001	<i>S. cerevisiae</i> CEN.PK 133-7A (<i>MATa</i> , <i>his3-Δ1</i> , <i>MAL2-8c</i> , <i>SUC2</i>) <i>his3::YipXR/XDH/XK</i>	(Eliasson et al. 2000)
Evolved TMB population	Evolved population obtained through evolutionary engineering of TMB3001	(Sonderegger and Sauer 2003)
C1	Clone isolated from the evolved TMB population	(Sonderegger and Sauer 2003)
C5	Clone isolated from the evolved TMB population	(Sonderegger and Sauer 2003)
Industrial strains		
F	Industrial, polyploid <i>S. cerevisiae</i> strain	Gift from Bruno Jarry
F12	<i>S. cerevisiae</i> F <i>HIS3::YIpxZEO</i> overexpressing XR, XDH, and XK	This study
A4	<i>S. cerevisiae</i> A <i>HIS3::YIpxZEO</i> (Industrial, polyploid strain) overexpressing XR, XDH, and XK	(Zaldivar et al. 2002)
Evolved A4 population	Evolved population obtained through evolutionary engineering of A4	This study
BH42	Strain with improved xylose catabolism obtained by breeding	(Spencer-Martins, pers. comm.)
TMB3399	<i>S. cerevisiae</i> USM21 <i>HIS3::YIpxXR/XDH/XK</i> (Industrial, polyploid strain) overexpressing XR, XDH, and XK	(Wahlbom et al. 2003)
TMB3400	Isolated after mutagenesis and selection of TMB3399	(Wahlbom et al. 2003)

Figura 38 Diferentes cepas utilizadas en el estudio

Fuente: Sonderegger, M. et al, "Fermentation Performance of Engineered and Evolved Xylose- Fermenting Saccharomyces cerevisiae Strains" 2004

En el citado artículo de investigación las cepas estudiadas a diferencia de otros estudios anteriores, están modificadas genéticamente, así podemos conseguir que una levadura como *Saccharomyces cerevisiae* que posee las características principales para la producción de etanol industrialmente no se vea impedido su utilización al no poder fermentar las pentosas.

Así mediante la ingeniería genética, es posible modificar la estructura genética del microorganismo e introducirle habilidades que se presentan en otras levaduras u hongos.

Tras haber realizado una comparativa de los diferentes microorganismos estudiados en el artículo y los existentes en el mercado, nos decantamos por la levadura *Saccharomyces cerevisiae* modificada genéticamente TMB3400 por las razones que se muestran a continuación.

7.5.2 CARACTERÍSTICAS DEL MICROORGANISMO ELEGIDO

7.5.2.1 CINÉTICA

La principal razón para la elección de la cepa *Saccharomyces cerevisiae* TMB3400 es su rapidez a la hora de consumir la fracción de xilosa en el medio de fermentación ya que en un proceso industrial, el tiempo es muy importante en la obtención de un determinado producto.

Así el consumo de las fuentes de carbono, tanto la glucosa como la xilosa se reflejan en la siguiente gráfica:

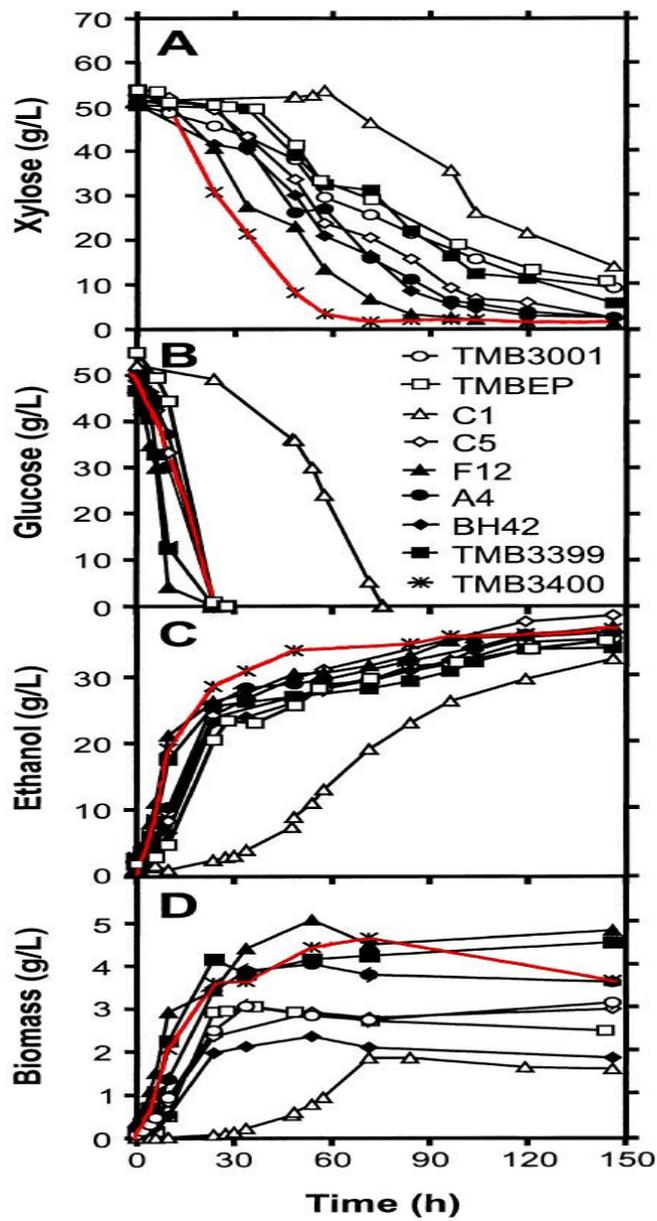


Figura 39 Cinética del microorganismo seleccionado

Fuente: Sonderegger, M. et al, "Fermentation Performance of Engineered and Evolved Xylose- Fermenting *Saccharomyces cerevisiae* Strains" 2004

Tal como podemos apreciar en la gráfica, la cepa TMB3400 es la que más rápidamente consume la xilosa, siendo la velocidad de consumo de glucosa muy similar en la mayoría de los microorganismos.

Así pues, podemos ver que para una concentración de sustrato tanto de glucosa como de xilosa en el medio de fermentación de 50 g/l, el microorganismo seleccionado tarda 27 horas en consumir la totalidad de la glucosa y alrededor de 60 horas en consumir la mayor parte de la xilosa, lo que hace que sea válido en el sector industrial.

Si suponemos que el microorganismo se va a comportar de igual modo en las condiciones nuestra de operación, es decir, concentración inicial y volumen de fermentación, el tiempo necesario para la obtención del etanol será:

Tiempo de consumo de glucosa:
112 horas aproximadamente

Tiempo de consumo de xilosa:
156 horas aproximadamente

La cinética del microorganismo se puede deducir, tanto de las gráficas anteriores como de los rendimientos que se muestran a continuación:

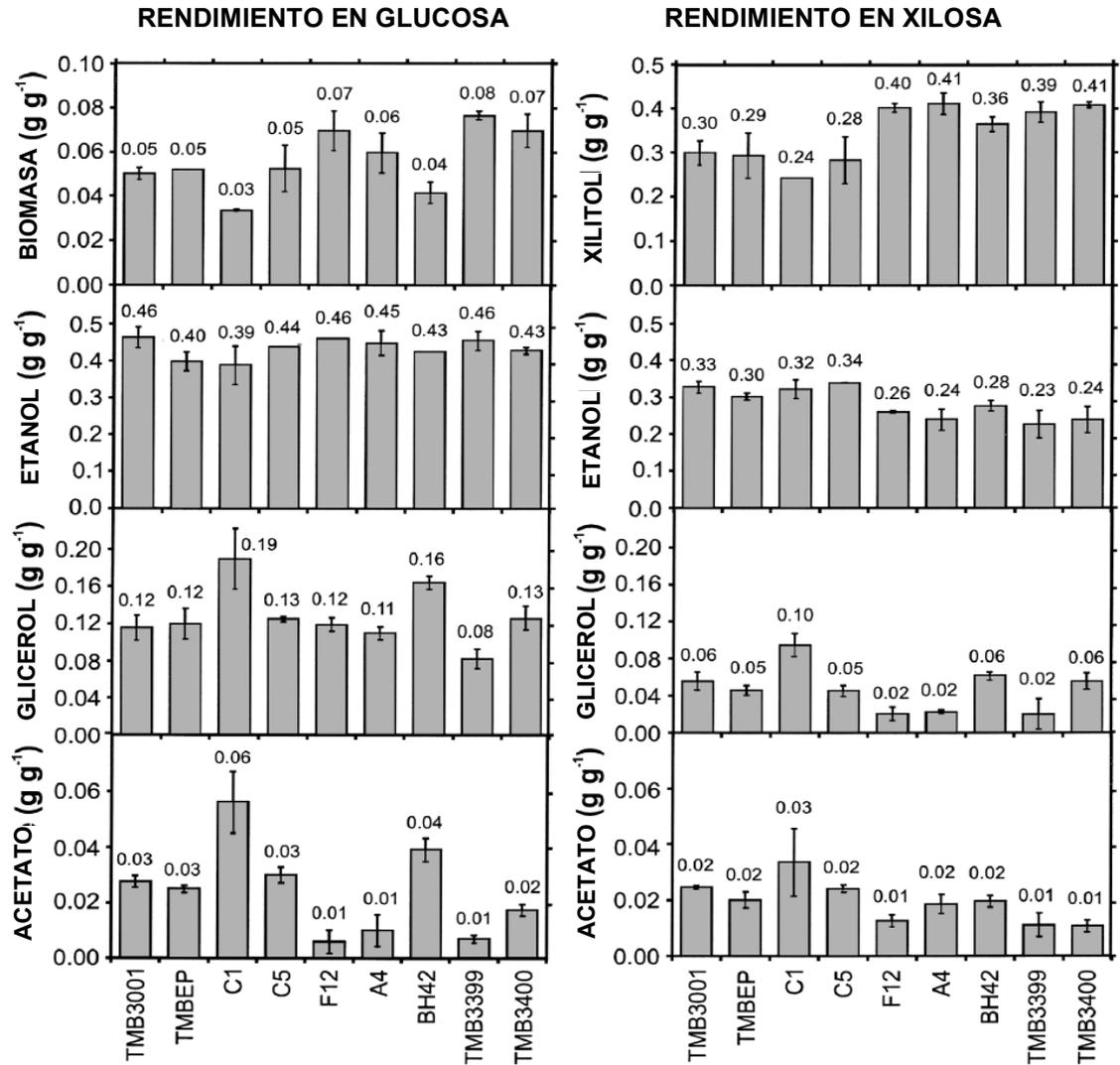


Figura 40 Rendimientos de la conversión de residuos lignocelulósicos en etanol

Fuente: Sonderegger, M. et al, "Fermentation Performance of Engineered and Evolved Xylose- Fermenting *Saccharomyces cerevisiae* Strains" 2004

Por tanto, resumiendo las velocidades tanto de consumo como de producción de los productos tenemos:

Velocidades	Glucosa	Xilosa
Velocidad de consumo de sustrato (g/L*h)	1,78	0,83
Velocidad de producción de etanol (g/L*h)	0,768	0,202
Velocidad de producción de xilitol (g/L*h)	-	0,346

7.5.3 CONDICIONES ÓPTIMAS

Las condiciones a las cuales se van a llevar a cabo la fermentación son las siguientes:

- Temperatura: 30 °C
- pH: 4,6
- Agitación: 100 rpm (véase anexo de cálculo)
- Aireación: La fermentación se lleva a cabo en condiciones anaerobias.

También se añadirá al medio de fermentación antiespumante con el propósito de evitar la formación de espumas que puedan interferir en la fermentación y por lo tanto en la conversión.

7.5.4 VOLUMEN DE FERMENTACIÓN

El volumen diario a tratar en el proceso de fermentación es de 70200 L, en los cuales están disueltas las fuentes carbonadas, glucosa y xilosa.

Volumen del efluente:

- 70200 kg de agua
- 14040 kg de glucosa (200 g/L)
- 9240 kg de xilosa (131,6 g/L)

La solución adoptada consiste en dividir el volumen de fermentación en tres tanques de 25 m³ cada uno, así es más fácil el control de las diferentes condiciones.

Teniendo en cuenta la excesiva duración de la fermentación, se dispondrá en la planta un total de 21 tanques de fermentación en una proporción de tres tanques por día, así se podrá suplir la necesidad de producción de etanol en los 7 días que dura la fermentación.



Figura 41 Tanques de fermentación

Fuente: www.aaronequipment.com

7.5.5 TANQUES DE FERMENTACIÓN

7.5.5.1 INTRODUCCIÓN

Existen numerosos tipos de recipientes que se utilizan en las plantas industriales o de procesos. Alguno de estos tiene la finalidad de almacenar sustancias que se dirigen o convergen de algún proceso, este tipo de recipiente son llamados en general tanques.

De forma genérica, un recipiente a presión está constituido por una envolvente, normalmente metálica, capaz de contener un fluido, líquido o gaseoso, cuyas condiciones de temperatura y presión son distintas a las del medio ambiente. Los diferentes tipos de recipientes que se pueden encontrar en una planta industrial, se clasifican de la siguiente manera.

Por su uso:

Los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y recipientes de procesos.

Los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión y de acuerdo con sus servicios

son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, tanques acumuladores, etc.. Los segundos, pueden ser reactores (existen transformaciones químicas); torres (existen transformaciones físicas); recipientes (pueden producirse transformaciones físicas o simplemente acumulan fluido)

Por su forma:

Los recipientes a presión pueden ser cilíndricos o esféricos. Los primeros son horizontales o verticales y pueden tener en algunos casos, chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según sea el caso.

Los esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes esféricos a altas presiones.

Puesto que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos a ser sometidos a presión interna que sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión, sin embargo en la fabricación y, sobre todo, el montaje de estos es mucho más cara en comparación de los recipientes cilíndricos.

Los tipos más comunes de recipientes pueden ser clasificados de acuerdo a su geometría como:

1.- Recipientes Abiertos

1.1.- Tanques abiertos.

2.- Recipientes cerrados

2.1.- Tanques cilíndricos verticales, fondo plano.

2.2.- Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezas formadas.

2.3.- Recipientes esféricos.

Indicaremos algunas generalidades en el uso de los tipos más comunes de recipientes:

Recipientes abiertos: Los recipientes abiertos son comúnmente utilizados como tanque igualador o de oscilación como tinas para dosificar operaciones donde los materiales pueden ser decantados como: desecadores, reactores químicos, depósitos, etc..

Obviamente este tipo de recipiente es más el recipiente cerrado de una misma capacidad de operación y construcción. La decisión de que un recipiente abierto o cerrado es usado dependerá del fluido a ser manejado y de la operación. Estos recipientes son fabricados de acero, hormigón, etc.. Sin embargo en los procesos industriales son construidos de acero por su bajo coste inicial y fácil fabricación.

Recipientes cerrados: Fluidos combustibles o tóxicos o gases finos deben ser almacenados en recipientes cerrados. Sustancias químicas peligrosas, tales como ácidos o sosa cáustica son menos peligrosas si son almacenadas en recipientes cerrados.

Tanques cilíndricos de fondo plano: El diseño en el tanque cilíndrico vertical operando a la presión atmosférica, es el tanque cilíndrico con un techo cónico y un fondo plano descansando directamente en una cimentación compuesta de arena, grava o piedra triturada. En los casos donde se desea usar una alimentación de gravedad, el tanque es levantado arriba del terreno y el fondo plano debe ser incorporado por columnas y vigas de acero.

Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezas formadas: Son usados cuando la presión de vapor del líquido manejado puede determinar un diseño más resistente. Varios códigos han sido desarrollados o por medio de los esfuerzos del API y del ASME para gobernar el diseño de tales recipientes. Una gran variedad de cabezas formadas son usadas para cerrar los extremos de los recipientes cilíndricos. Las cabezas formadas incluyen la semiesférica, elíptica, toriesférica cónica y toricónica. Para propósitos especiales de placas planas se usan para cerrar un recipiente abierto. Sin embargo las cabezas planas son de poco uso en recipientes grandes.

Recipientes esféricos: El almacenamiento de grandes volúmenes bajo presiones medias son normalmente de los recipientes esféricos. Las capacidades y presiones utilizadas varían enormemente. Para los recipientes mayores en el rango de capacidad es de 1000 hasta 25000 psi.

Fondos de tanques:

En todos los fondos se realiza la transición de una figura bombeada a otra cilíndrica, que es la carcasa; esta línea de transición, denominada justamente línea de tangencia, se encuentra sometida a grandes tensiones axiales que se traducen a fuertes tensiones locales, y este resulta ser el punto mas débil de todo el recipiente; por esta razón no es aconsejable realizar la soldadura de unión fondo carcasa a lo largo de esta línea. Para evitar esta coincidencia, los fondos bombeados (y algunos cónicos) se construyen con una parte cilíndrica, denominada pestaña o faldilla, cuya altura mínima “h” varia según la norma o código de cálculo utilizado, pero en general deberá ser no menor que el mayor de los siguientes valores:

$$h > 0,3 \cdot D_o \cdot t_f$$

$$h > 3 \cdot t_f$$

$$h > 25 \text{ mm}$$

con un valor máximo de $h = 100 \text{ mm}$ y, siendo $D_o =$ Diámetro exterior de la carcasa, mm; $T_f =$ espesor de la pared del fondo, mm

Los tipos de fondo mas usuales son:

Tapas planas: Se utilizan para recipientes sujetos a presión atmosférica, generalmente, aunque en algunos casos se usan también en recipientes a presión. Su coste entre las tapas es el mas bajo. Se utilizan también como fondos de tanques e almacenamiento de grandes dimensiones. Consisten en una chapa plana soldada directamente a la carcasa. Su utilización es escasa por presentar una sección muy poco resistente a la presión lo que hace necesario altos espesores, además de existir el punto débil de la soldadura en que se produce una concentración de tensiones.

Tapas toriesféricas: son las de mayor aceptación en la industria, debido a su bajo coste y a que soportan grandes presiones manométricas, su característica principal es la relación que establecen los parámetros geométricos del diámetro principal y el radio del abombado. Se construyen mediante una figura de revolución cuyo perfil interno se obtiene mediante dos radios de curvatura de centros diversos.

Los mas utilizados son:

Korbbogen Boden, con radio mayor $L = 0,8 D_o$ y radio menor $r = D_o/6,5$

Koppler Boden (10:1), con radios $L = D_o$; $r = D_o/10$

Su construcción es por estampación. Los Korbbogen tienen el mismo campo de utilización que los elípticos, mientras que solamente en caso de baja presión se usan los Koppler, ya que estos requieren mayores espesores.

Tapas semielípticas: Son empleadas cuando el espesor calculado de una tapa toriesférica es relativamente alto, ya que las tapas semielípticas soportan mayores presiones que las toriesféricas. El proceso de fabricación de estas tapas es igualmente estampación y, dada su enorme facilidad ha multiplicado su uso

Tapas semiesféricas: Utilizadas exclusivamente para soportar presiones críticas, como su nombre lo indica, su silueta describe una media esfera soldada a la carcasa. Su radio medio es igual al radio medio de ella carcasa. El espesor requerido para resistir la presión es inferior al requerimiento en la carcasa cilíndrica, y como dato aproximado se puede adoptar que el espesor del fondo es la mitad del espesor de la carcasa. La construcción de este tipo de fondos es mas costosa por lo que su utilización se restringe a casos específicos de grandes espesores o materiales especiales.

Tapas cónicas: Se utilizan generalmente en fondos donde pudiese haber acumulación de sólidos, como transiciones en cambios de diámetros de recipientes cilíndricos. Su uso es muy común en torres fraccionarias o de destilación, no hay límites en cuanto a dimensiones para su fabricación y su única limitación consiste en que el semiángulo (α) no deberá calcularse como tapa plana, en general $\alpha < 30^\circ$ siendo no aconsejable no utilizarlo para valores de $\alpha > 20^\circ$. En este caso de fondos es necesario comprobar si es preciso reforzar la carcasa debido a la sobresolicitación a la que se somete el entorno de la línea de soldadura, y a la poca resistencia de que esta zona ofrece a una posible ovalización.

Tapas toricónicas: A diferencia de las tapas cónicas, este tipo de tapas tienen en su diámetro, mayor radio de transición que no deberá ser menor al 6% del diámetro mayor o 3 veces el espesor. Para $\alpha > 30^\circ$ aunque pueden utilizarse una amplia gama de valores de ángulos no resulta aconsejable utilizar valores por encima de 45° .

7.5.5.2 DISEÑO

Se pretende diseñar un tanque de fermentación con una capacidad de 25000 L, se ha dividido el volumen de fermentación en tres tanques de reacción para así tener un mayor control de la fermentación y evitar el manejo de grandes volúmenes que afectarían a la eficacia tanto de la conversión llevada a cabo por el microorganismo como del sistema de agitación para evitar la aparición de volúmenes muertos en el reactor.

El tanque será de forma cilíndrica, con una cabeza semi elipsoidal. Tendrá una capacidad un 20% mayor que la original, por motivos de seguridad, debido a que durante la fermentación se formará espuma, ese exceso de capacidad será el volumen que deberá tener la cabeza semi elipsoidal.

Las dimensiones del tanque, una vez calculadas, serán las siguientes:

- Altura: 6,5 m
- Diámetro interior: 2,5 m

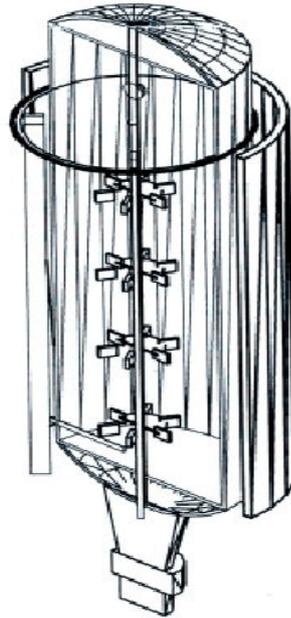


Figura 42 Esquema de un fermentador
Fuente: "Proceso de fabricación de bioetanol"

7.5.5.3 ESPEORES

Los espesores se calculan con la ayuda del código americano de diseño A.S.M.E., obtenemos:

- Espesor del cabezal superior: 3,7 mm
- Espesor del cilindro: 6,4 mm
- Espesor del cabezal inferior: 3,86 mm

Se ha decidido tener un espesor único en la totalidad del tanque, por lo tanto, tomando la situación mas desfavorable, se tomara un espesor de 6,4 mm.

7.5.5.4 AISLAMIENTO

El fermentador se aísla con poliuretano de tipo I, de densidad 35 kg./m³, espumado “in situ”. La conductividad térmica de este material es suficientemente pequeña, $k = 0.023$ W/(m² °C).

El espesor será de 15 cm.



Figura 43 Operario colocando el aislamiento

Fuente: www.iafsa.com

Para que el espumado se realice de forma satisfactoria y para proporcionar protección mecánica a toda la obra, se coloca una envoltura de chapa:

- Para el cuerpo cilíndrico chapa ondulada de aluminio y espesor 0.7mm

7.5.5.5 REFRIGERACION DE LOS TANQUES

El dimensionado de la camisa de refrigeración conectada al tanque se hace basándose en mantener y conseguir las distintas temperaturas en las que transcurre el proceso.

Como medio refrigerante se emplea agua, tomada de la red de agua la cual va a circular con una temperatura inicial de 15°C. Este fluido circula por el interior de tres camisas helicoidales en acero al carbono adosadas mediante soldadura al cuerpo del tanque. Estas camisas están formadas por medios tubos de 2" y 3.9 mm de espesor.



Figura 44 Sistema de refrigeración
Fuente: www.cetotec.com

Tras los cálculos indicados en la memoria de cálculo, se obtiene:

- $m_{\text{agua}} = 0,177 \text{ kg/s}$
- $A_{\text{refrig}} = 39 \text{ m}^2$

Los 39 m^2 de superficie refrigerada se extiende en un solo tramo, que es suficientes para efectuar el control de temperatura en todas las zonas del fermentador (90% cilindro).

La entrada a las camisas está regulada por electroválvulas accionadas por un sistema de control que analiza las temperaturas medidas por dos sondas PT 100.

Se proyectan un tramos de 39m^2 , formado por 99 tubos adosados a la parte cilíndrica del fermentador.

7.5.5.6 CORRIENTE DE SALIDA DE LOS TANQUES DE FERMENTACIÓN

Como se ha citado anteriormente se va a obtener una corriente que posee principalmente dos productos que son el etanol y el xilitol. La fermentación de materiales lignocelulosicos, implican una serie de productos secundarios como puede ser el ácido acético, glicerol, furfural, que para una mayor simplificación del proyecto se van a considerar despreciables. Así la corriente de salida de los fermentadores, consistirá principalmente en:

- 70000 kg de agua
- 8255,5 kg de etanol
- 3787,9 kg de xilitol
- 1050 kg de biomasa

En los fermentadores se dejarán una fracción del volumen que servirá de siembra para la siguiente fermentación, asegurando así que los microorganismos están adecuados al medio y en una proporción aceptable para llevar a cabo la posterior fermentación.

Para la obtención de etanol anhidro por una parte y xilitol cristalizado por otra, el primer paso a dar es la separación de la fase sólida, biomasa, de la corriente para evitar problemas en los equipos posteriores, así pues, se va a instalar una centrifuga decantadora a la salida de los fermentadores, con el fin de la separación de la biomasa generada en los biorreactores.

7.6 CENTRÍFUGA DE DECANTACIÓN

Consiste esencialmente en un tambor cilíndrico-cónico que gira sobre un eje horizontal a gran velocidad. El fango a deshidratar se introduce en la cuba a través de la conexión de entrada por medio de la alimentación. En el interior del tambor, debido a la fuerza centrífuga producida por el giro del tambor, la parte más pesada de la mezcla se deposita en el interior, donde es arrastrada a la salida de los sólidos por un tornillo helicoidal que gira a distinta velocidad que el tambor.

La parte cilíndrica del tambor está destinada a la sedimentación de las partículas sólidas, mientras que la parte cónica produce un escurrido progresivo de las mismas, hasta llegar a la salida exenta de líquido libre. El agua, al tener un peso específico distinto al de los sólidos, ocupa dentro del tambor una zona distinta, formando un anillo interior al formado por los sólidos.

El caudal de alimentación, la profundidad del depósito del fango, la velocidad de giro de la centrífuga y otros factores determinan el estado de la torta descargada y la calidad del líquido centrifugado.

Entonces la corriente líquida consistirá principalmente en etanol, xilitol y agua, mientras que la corriente de sólidos será mayoritariamente la biomasa junto con una pequeña cantidad de agua.

Las corrientes de salida estarán formada por:

Corriente ligera:

- 69823,6 kg de agua
- 8255,5 kg de etanol
- 3787,99 kg de xilitol

Corriente pesada:

- 176,4 kg de agua
- 1050 kg de biomasa

7.7 SEPARACION DEL XILITOL

7.7.1 Concentración del caldo de fermentación

La separación del xilitol obtenido como producto secundario de la fermentación de los residuos lignocelulosicos, se va a llevar a cabo mediante su cristalización. Para ello se va a proceder a una concentración del efluente ya que según (A. Converti et al, 2002), tras varios experimentos realizados a diferentes concentraciones de xilitol, los mejores resultados se obtienen con una concentración de 730 g/ L.

Debido a esto la corriente líquida que sale de la centrífuga va a servir de alimentación a un evaporador en el cual se va a llevar a cabo la concentración del xilitol para su posterior cristalización, y permitir así su venta.

El evaporador trabajara a una temperatura de 110 °C (véase anexo de calculo) puesto que se va aprovechar el alto punto de ebullición del xilitol para su separación tanto del agua como del etanol. La ventaja que se va a tener es que el etanol y agua forman un azeotropo a 78,15 °C entonces vamos a suponer que todo el etanol se va a evaporar junto con el agua, así pues, vamos a obtener dos corrientes de salida. Por un lado vamos a tener una corriente líquida la cual va a estar compuesta por agua y xilitol que es la que se va a introducir en el cristalizador, mientras que la segunda corriente, esta en forma de vapor es la que se va a introducir en el tren de destilación.

La composición de las corrientes de entrada y salida del evaporador son las siguientes:

- Entrada:

- 69823,6 kg de agua
- 8255,5 kg de etanol
- 3787,99 kg de xilitol

- Salida:

Corriente gaseosa:

- 64634,6 kg de agua
- 8255,5 kg de etanol

Corriente líquida:

- 5189 kg de agua
- 3787,99 kg de xilitol

La cantidad de vapor necesario para llevar a cabo la evaporación va a ser de 75520,2 kg, dicho vapor va a proceder de la caldera, en la cual vamos a generar 230600 kg de vapor, así pues de esa corriente vamos a aprovechar 75520,2 kg de ese vapor para realizar la evaporación y los restantes 155080 kg se van a condensar para su posterior venta como agua destilada, debido a que en principio no se sabe las empresas que se van a encontrar en las cercanías de nuestra planta de procesos, no se descarta en el futuro la venta de vapor para la utilización del mismo en otras empresas.

7.7.2 Cristalización del xilitol

Según el estudio realizado por (A. Converti et al, 2002), las mejores condiciones para la obtención de xilitol cristalizado, son, como se muestra en la tabla siguiente, para una concentración de 730 g/L y una temperatura de -5 °C.

Results of crystallization tests performed under different conditions^a

Test	T_c (°C)	X_{yt_e} (g/l)	Y_c	PD	Y_{xyt}
4	-10	582	0.41	0.92	0.38
5	-5	582	0.31	1.00	0.31
6	0	582	0.20	0.98	0.20
7	-5	730	0.56	1.00	0.56
8	0	730	0.48	0.93	0.45
10	-10	470	0.29	0.92	0.27

^a T_c : crystallization temperature; X_{yt_e} : xylitol concentration after concentration; Y_c : total crystallization yield; PD: purity degree; Y_{xyt} : xylitol yield.

Tabla 45. Resultados de la cristalización del xilitol

Fuente: De Fevere D., Perego P. Converti A., "Xylitol recovery by crystallization from Synthetic solutions and fermented hemicellulose hydrolyzates" 2002

Como podemos apreciar en la tabla, vamos a obtener unos cristales de un grado de pureza de 1,00, pero, la eficacia del proceso es del 56% así vamos a optar por la colocación de dos cristalizadores en serie, entonces la salida del primero, va a consistir en la alimentación del segundo, así vamos a poder aprovechar mas la cantidad de xilitol producido en la etapa de fermentación.

Los cristalizadores van a tener las siguientes dimensiones:

- Volumen: 6 m³
- Altura: 3,5 m
- Velocidad de agitación: 100 rpm
- Espesor: 5 mm

La corriente de salida del cristalizador, va a servir de alimentación a una centrifuga, en la cual vamos a poder llevar a cabo la separación de los cristales, por un lado, mientras que la parte líquida restante se llevara a un segundo cristalizador donde se va proceder a una segunda cristalización.

Los cristales obtenidos se filtrarán y secarán para su posterior venta.

Al tener la cristalización una eficacia del 56%, no vamos a poder cristalizar la totalidad del xilitol para su venta, aún así podemos comercializar la solución xilitol-agua, la cual tiene uso en la química farmacéutica o de alimentación.

La corriente de entrada en el segundo cristalizador tiene una concentración de 590 g/l y el rendimiento de esta cristalización es del 31%. La solución xilitol-agua que sale del segundo cristalizador sale con una composición de 3,36 M, pero la solución comercial es de 1 M, así tenemos que proceder a la disolución de dicha corriente para su posterior venta.

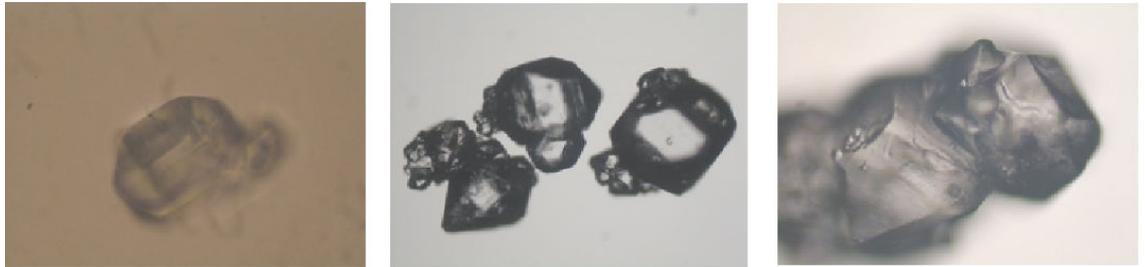


Figura 46 Cristales de xilitol

Fuente: www.wikipedia.com

Las corrientes de salida de los distintos cristalizadores, se presentan a continuación:

Entrada del primer cristalizador:

- 5189 kg de agua
- 3787,9 kg de xilitol

Salida del primer cristalizador:

- 2121,23 kg de xilitol cristalizado
- 2364,14 kg de agua

Entrada del segundo cristalizador:

- 1666,67 kg de xilitol
- 2824,86 kg de agua

Salida del segundo cristalizador:

- 516,66 kg de xilitol cristalizado
- 575,82 kg de agua
- 1150 kg de xilitol
- 2249,04 kg de agua

7.8 DESTILACIÓN

La obtención del etanol anhidro que es el objetivo principal de nuestra planta, lo vamos a conseguir mediante una destilación para eliminar su contenido en agua.

La composición de salida del evaporador, es la siguiente:

- 69832,6 kg de agua
- 8255,5 kg de etanol

Esto implica, que tenemos una concentración en etanol del 12%, la cual es muy baja para una separación extractiva directamente puesto que se hidrataría el etilenglicol, requiriendo por lo tanto mas cantidad del mismo, mas consumo energético y mas etapas teóricas.

El procedimiento a seguir consistirá en un tren de tres columnas de destilación.

En la primera columna se llevará a cabo una destilación simple cuyo objetivo será la concentración del etanol en la corriente, aproximadamente al azeótropo que forma el etanol y el agua, es decir, un 89% en etanol.

En la segunda columna se realizara una destilación extractiva con etilenglicol como solvente en la cual obtendremos dos corrientes, por cabeza tendremos el etanol anhidro y por colas una disolución con etilenglicol y agua que servirá de alimentación a una columna recuperadora del solvente, que tendrá como corriente de cabeza agua destilada.



Figura 46 Columna de destilación

Fuente: www.aaronequipment.com

7.8.1 DESTILACIÓN SIMPLE

La primera columna de destilación, tendrá las siguientes características, estos parámetros se obtienen a partir de la simulación realizada con la aplicación SuperPro Designer 3.1:

- N° de platos: 34
- Diámetro de la columna: 3,5 m
- Altura entre platos: 0,515
- Altura de la columna: 17 m
- Presión de diseño: 1,5 atm
- R/Rmin: 1,021
- Presión de la columna: 1 atm
- Eficiencia del plato: 80%

La corriente de alimentación de la columna será la corriente de salida del evaporador, cuya temperatura es de 108 °C.

Se van a obtener dos corrientes, que poseen las siguientes características:

Cabeza:

- 8090,4 kg Etanol
- 1292,69 kg Agua

Cola:

- 165,1 kg Etanol
- 63342 kg Agua

La corriente de cabeza, cuya temperatura de salida es de 80°C, será la alimentación de la columna de destilación extractiva puesto que el objetivo de la primera columna era la concentración de la corriente para poder realizar la destilación extractiva. Así tenemos una corriente con un 89 % en etanol, que es una composición aceptable para su destilación con etilenglicol.

La corriente de cola, compuesta principalmente por agua, pero al tener un pequeño porcentaje de etanol, del orden del 0,25%, no la podemos verter a la red, entonces dicha corriente se almacenará y servirá como alimento para la generación de vapor.

7.8.2 DESTILACION EXTRACTIVA

La destilación extractiva es un método de separación de azeótropos binarios de mínimo punto de ebullición, y ocurre en presencia de una sustancia de alto punto de ebullición, llamada solvente, la cual es completamente miscible con los componentes de la mezcla binaria en todas las proporciones y no forma azeótropos adicionales.

El solvente se adiciona a la mezcla azeotrópica de alimentación para alterar las volatilidades relativas de los componentes de la mezcla; debido a su baja volatilidad éste tiende a permanecer en la fase líquida, razón por la cual se alimenta en una de las etapas superiores para que su efecto sea aprovechado a lo largo de toda la columna (Berg, 1998; Brügemann y Marquardt, 2004).

La deshidratación o recuperación completa del etanol a partir de soluciones acuosas por este método ha sido estudiada durante muchos años (Black y Distler, 1972; Meirelles et al., 1992; Stupiello, 2003).

Una gran variedad de solventes que modifican la forma de la curva del equilibrio líquido-vapor y eliminan el azeótropo ha sido evaluada; entre dichos solventes se encuentran algunos glicoles (Gavlin et al., 1998; Gavlin et al., 2001), aminas (Lee y Pahl, 1985), fenoles hidrofóbicos (Zudkewitch et al., 1984), parafinas (Nieuwoudt et al., 2002), tiofenos y otros. La adición de glicoles como solvente extractivo no sólo elimina el azeótropo etanol-agua sino que también cambia la forma de la curva de equilibrio líquido-vapor en la zona rica en etanol.

En el caso de la deshidratación de etanol utilizando etilenglicol como solvente, en la industria brasileña el 30% de las plantas alcohólicas utilizan esta tecnología (Meirelles, 2006).

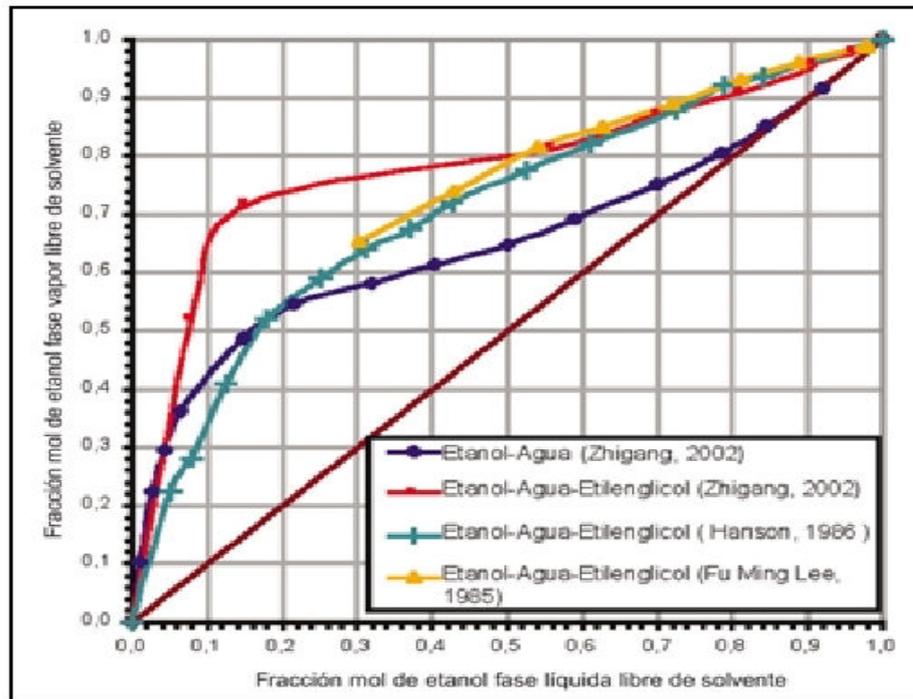


Figura 47 Equilibrio etanol-agua-etilenglicol
 Fuente: Gil, Uyazan A.M., Aguilar J.L. Rodríguez G., Caisedo L.A.
 "Diseño y operación de una columna de destilación extractiva" 2006

En la gráfica podemos observar el cambio que se produce en el equilibrio etanol-agua cuando le añadimos el etilenglicol según diversos autores. Destacar la eliminación del azeótropo que nos permite la separación total del etanol.

7.9 SIMULACIÓN DE LA DESTILACIÓN EXTRACTIVA DE ETANOL

Una vez se ha seleccionado y validado el modelo termodinámico, y luego de establecer los principales criterios de diseño se corre la simulación de la destilación para establecer los flujos, número de etapas teóricas y consumos de energía en los condensadores y rehervidores de las columnas; es decir, el objetivo es hacer un cálculo de los balances de materia y energía de la columna con el simulador de procesos Aspen Plus.

Las principales variables de operación que se toman en cuenta para la simulación del proceso de destilación extractiva son:

- número de etapas teóricas,
- etapas de alimentación del solvente y del etanol azeotrópico,
- temperatura de entrada del solvente,
- relación molar entre el solvente
- el alimento azeotrópico
- relación de reflujo.

A continuación mostramos los parámetros obtenidos a partir de la simulación tanto de la columna de destilación extractiva y de la columna recuperadora.

7.9.1 COLUMNA DE DESTILACIÓN EXTRACTIVA

La destilación extractiva se llevará a cabo en una columna de las siguientes características:

- N° de platos: 30
- Diámetro de la columna: 3,5 m
- Altura entre platos: 0,515
- Altura de la columna: 16 m
- Presión de diseño: 1,5 atm
- R/Rmin: 1,021
- Presión de la columna: 1 atm
- Eficiencia del plato: 80%

Con esta columna tendremos una corriente de cabeza que consistirá en etanol prácticamente anhidro, al 99,5 %, así que esa corriente se llevara a un deposito de almacenamiento para su posterior venta.

Al final tenemos una cantidad de etanol anhidro de 8200,6 kg, que en volumen hace un total de 10400 L de etanol, así pues, se cumple el objetivo del proyecto e incluso obtenemos 400 L mas de etanol que los previstos.

La corriente de cola de la columna extractiva la introduciremos en una columna recuperadora. Esta columna opera a una presión de 0,2 atm para evitar la degradación térmica del disolvente.

7.9.2 COLUMNA RECUPERADORA

Como hemos citado anteriormente, en esta columna se va a llevar a cabo la recuperación del disolvente para su posterior reutilización en la columna extractiva. La corriente de entrada en la columna es la siguiente:

- 2916,13 kg Etilenglicol
- 1026,8 kg de agua

Las corrientes de salida de la columna recuperadora serán las siguientes:

- 1026 kg de agua
- 2916 kg de Etilenglicol

El disolvente se almacenará en un tanque, ya que debido a que el sistema de etanol agua no esta en equilibrio y es muy difícil simular las condiciones de convergencia al recircular la corriente del disolvente en la columna extractiva.

El disolvente también servirá para la refrigeración de los tanques de cristalización, ya que tenemos que trabajar en unas condiciones de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.9.3 CONSUMO ENERGÉTICO

El consumo energético para la separación del etanol y el agua se ve acentuado en la destilación, así pues, nos encontramos los siguientes consumos energéticos en las diferentes columnas de destilación:

Tipo de columna de destilación	Consumo energético (kJ/kg etanol)
Columna de destilación simple	12617,9
Columna extractiva	1428
Columna recuperadora	216

Como podemos apreciar en la tabla anterior, la columna de destilación simple es la que mayor consumo energético tiene debido a la gran cantidad de agua que tiene que retirar de la corriente.

7.10 RED DE TUBERIAS

En la planta de proceso se diseñará un sistema de tuberías que permita el transporte de las diferentes corrientes a lo largo de las distintas etapas de obtención de etanol anhidro.

Las partes componentes de un sistema de tuberías puede agruparse en cuatro grandes familias:

- Tuberías
- Accesorios
- Bridas
- Válvulas

El simple examen de un diagrama de proceso deja presentir la importancia que tendrán los anteriores elementos en la construcción de una planta de este tipo. El paso del esquema a la realidad ofrece una gran variedad de problemas, ya que existen diversas soluciones técnicas, con diferentes ventajas en lo referente a las pérdidas de energía, duración del materia, facilidad de utilización y precio.

Los sistemas de tuberías representan, aproximadamente un tercio del coste del material en una planta de proceso, requieren de un 30% a un 40% del trabajo de montaje, consumen del 40% al 48% de las horas-hombre de ingeniería y ocupan el 60% del volumen del material.

El material utilizado para el diseño y construcción del sistema de tuberías es acero al carbono, que consiste básicamente en un compuesto de hierro (Fe) con un porcentaje de carbono menor del 1,7% (normalmente de 0,3 a 0,4%) y cantidades reducidas y variables de manganeso (Mn), Fósforo (P), Azufre (S) y Silicio (Si).

Un acero muy utilizado para tuberías es el ASTM A106 grado B cuya composición es la siguiente:

- C = 0,30 máx.
- Mn = 0,29
- P = 0,048 máx.
- S = 0,058 máx.
- Si = 0,10
- Fe = resto

Las características mas importantes del acero al carbono a efectos en su utilización en “piping” son: resistencia a altas temperaturas, resistencia al choque, resiliencia, tenacidad, maquinabilidad y, sobre todas, el ser forjable y soldabilidad.

7.10.1 Válvulas

7.10.1.1 Tipos de válvulas

Las válvulas son elementos que estando instalados en una tubería puede realizar alguna de las siguientes funciones:

- Impedir totalmente la circulación de un fluido por una tubería, o bien permitirla sin oponer ningún obstáculo.
- Variar la perdida de carga que sufre un fluido al atravesar la válvula con lo cual se puede regular el caudal que circula por la tubería.
- Permitir la circulación de un fluido a través de la válvula en un único sentido.
- Permitir el paso de un fluido a través de la válvula, únicamente cuando la diferencia de presión a un lado y otro de la misma, sobrepasa un cierto valor previamente establecido.
- Permitir el paso de un fluido a través de la válvula, cuando dicho fluido se presenta en forma líquida, pero no si se presenta en forma de gas o vapor o viceversa.

Los tipos principales de válvulas son:

Válvulas de compuerta:

Este tipo de válvulas resulta poco recomendable para una regulación cuidadosa del fluido, aunque si es muy adecuada para servicios que requieran frecuentes cierres o aperturas.

Estas válvulas no deben utilizarse de forma prolongada para regular el caudal del fluido que pasa por una tubería, pues se averían rápidamente, aparte de que la regulación sería muy inexacta.

Funcionan mediante una compuerta, cuya traslación se asegura por un vástago roscado que se desplaza perpendicularmente al flujo. La compuerta obtura la sección de paso del fluido al deslizarse entre dos aros fijos en el cuerpo.

El cuerpo de la válvula de compuerta se halla coronado por una tapa, en cuya parte superior se introduce el opérculo, que asegura la estanqueidad al paso del tornillo de maniobra, mediante una estopada y un prensaestopa. Esta tapa es roscada en los diámetros inferiores a 2", y con bridas en las restantes medidas. La traslación del opérculo se consigue por dos medios, bien roscando la compuerta, permaneciendo el vástago fijo, o roscando un soporte de husillo sobre la tapa, desplazándose el vástago en este caso. Este segundo procedimiento permite ver al instante si la válvula esta abierta o cerrada.

Válvulas de globo:

Es recomendable para servicios de regulación del flujo y se utiliza también como elemento de cierre para las presiones muy altas. El movimiento del fluido queda interrumpido por un obturador, que cierra el paso entre los dos lados del cuerpo de la válvula.

La estanqueidad queda asegurada por el aro del cuerpo y del obturador. El cuerpo va cubierto por una tapa, roscada o con bridas, según el diámetro, que recibe el sistema de estanqueidad del vástago de maniobra, estando sujeto en la tapa para subir o bajar el obturador.

Válvulas de retención:

Su finalidad es evitar el retorno del fluido. Puede ser de varios tipos:

- De chapaleta o clapeta: El flujo mantiene abierto el cierre o bisagra y el fluido en sentido opuesto la cierra. La de tipo basculante con el pivote en el centro evita el golpe al cerrar. Se utilizan sobre todo para líquidos y para grandes tamaños (mayores de 2").

Además, pueden funcionar en posición horizontal pero con el flujo en dirección ascendente.

- De pistón: que se utiliza generalmente en tuberías de 1 ½" y menores. Normalmente solo pueden utilizarse esta válvula en posición horizontal. La circulación del fluido en el interior, es igual que en las de globo. El flujo levanta el pistón permitiendo el paso; el contraflujo y el peso hace que se cierre. Son especialmente indicadas para vapores y para flujo pulsante.

Tienen la ventaja de que “ el momento” que hay que aplicar para su operación es mucho menor que en las de macho. Ofrecen una excelente estanqueidad, posibilidad de regulación y pérdida de carga reducida cuando están totalmente abiertas.

- De bola: Operan como las de pistón, con el pistón sustituido por una bola guiada. Se caracterizan porque detienen el contraflujo mas rápidamente que los otros dos tipos.

Es buena para operar con fluidos viscosos, cuyos depósitos perjudicarían la operación de los otros dos tipos. Dentro de este tipo de válvulas de retención, que se utiliza generalmente en tamaños menores de 2”, las hay de dos clases, que son : vertical y horizontal. Cada una de ellas solo puede utilizarse en la posición que su nombre indica. No obstante lo anteriormente dicho, se deberá siempre consultar con las instrucciones de cada fabricante para saber en que posición se puede utilizar cada tipo de válvula.

Estas válvulas, al igual que las de asiento, tienen marcada siempre la dirección correcta de flujo en el cuerpo de la misma y deberán siempre instalarse con arreglo a dicha indicación.

Los cuerpos de las válvulas de retención van cerrados por una tapa roscada o con bridas, que permiten el acceso al obturador.

Válvulas de macho:

Son válvulas de cierre, que se utilizan en algunos casos para regulación. Están constituidos por un cuerpo en el que un elemento cónico o esférico, llamado macho, que lleva una abertura, al girar obtura o descubre el paso del fluido.

7.10.2 Accesorios

Los accesorios se utilizan en las conducciones para:

- Cambiar la dirección de la línea.
- Cambiar el diámetro de la línea.
- Conectar diferentes ramas de la línea.
- Cerrar el final de la línea.

7.10.2.1 Codos

Se fabrican de 90° y de 45°, y dentro de los de 90° los hay de radio largo y de radio corto.

Los codos de 45° siempre son de radio largo. En los codos de radio largo el radio de curvatura del codo es igual a 1,5 veces el diámetro nominal y en los de radio corto el radio de curvatura es igual al diámetro nominal.

Los codos reductores tienen el mismo radio de curvatura que un codo normal de radio largo, de igual diámetro nominal que el extremo mayor del codo reductor.

Los codos en U tienen el radio de curvatura igual a 1,5 o 2 veces el diámetro nominal.

7.10.2.2 Tes

Las Tes son accesorios utilizados para conectar un ramal perpendicular a un colector, pudiendo ser ambos del mismo tamaño o bien el ramal de menor diámetro que el colector. En el primer caso se llaman Tes iguales y en el segundo, se llaman Tes reductoras.

7.10.3 Bombas

Las bombas se caracterizan por su capacidad o caudal que pueden impulsar y por su carga o altura a la que pueden elevar el líquido. Todas las bombas constan de un motor primario y de la bomba en sí.

Son los aparatos más comunes para el transporte de líquidos a través de tuberías. Las bombas incrementan la energía mecánica del líquido, aumentando su velocidad, presión o elevación, o las tres anteriores. Las dos clases principales son las bombas de desplazamiento positivo y las bombas centrífugas.

En las bombas la densidad del líquido no cambia en forma apreciable siendo posible considerarla constante.

- TIPOS DE BOMBAS

Las bombas que manejan líquidos pueden clasificarse de manera general y de acuerdo con su principio de funcionamiento en dos grandes grupo.

7.10.3.1 Bombas de desplazamiento positivo

En la primera clase más importante de bombas, un volumen determinado de líquido es encerrado en una cámara, la cual se llena alternativamente desde la entrada y se vacía a una presión más alta a través de la descarga. Existen dos subclases de bombas de desplazamiento positivo. En las bombas recíprocas, la cámara es un cilindro estacionario que contiene un pistón o émbolo, mientras que en las bombas rotatorias la cámara se mueve desde la entrada hasta la descarga y regresa de nuevo a la entrada.

Bombas recíprocas

Las bombas de pistón, de émbolo y de diafragma, son ejemplos de bombas recíprocas.

En una bomba de pistón, el líquido pasa a través de una válvula de retención de entrada al interior del cilindro mediante la acción de un pistón y entonces es forzado hacia fuera a través de una válvula de retención de descarga en el recorrido de regreso. El pistón se acciona mediante un motor a través de una caja reductora, o bien se utiliza una conexión directa a un cilindro accionado por vapor. La presión máxima de descarga para bombas de pistón comerciales es de alrededor de 50 atm.

Para presiones más elevadas se utilizan bombas de émbolo. Un cilindro de pared gruesa y diámetro pequeño contiene un émbolo recíproco perfectamente ajustado, que es una extensión de la barra del pistón. Al final del recorrido el émbolo llena prácticamente todo el espacio en el cilindro. Las bombas de émbolo son de simple efecto y por lo general son accionadas por un motor.

En una bomba de diafragma, el elemento recíproco es un diafragma flexible de metal, plástico o hule. Esto elimina la necesidad de empaque o sellos expuestos al líquido que se esté bombeando y representa una gran ventaja en el manejo de líquidos tóxicos o corrosivos.

Bombas rotatorias

Una gran variedad de bombas rotatorias de desplazamiento positivo están disponibles. Tienen nombres como bombas de engranaje, de lóbulo, de tornillo, de leva y de aspa. A diferencia de las bombas recíprocas, las bombas rotatorias no contienen válvulas de retención. Las bombas rotatorias operan mejor en fluidos limpios y moderadamente viscosos.

7.10.3.2 Bombas centrífugas

En la segunda clase más importante de bombas, la energía mecánica del líquido se aumenta por la acción centrífuga.

El líquido entra a través de la conexión de succión concéntrica al eje del elemento giratorio de alta velocidad llamado impulsor (o rotor), el cual está provisto de aspas radiales inherentes con el mismo.

El líquido fluye hacia fuera por el interior de los espacios que existen entre las aspas y deja el impulsor a una velocidad considerablemente mayor con respecto a la de la entrada del mismo.

En una bomba que funciona en forma apropiada, el espacio entre las aspas está por completo lleno de líquido que fluye sin cavitación. El líquido que sale del perímetro del impulsor se recoge en una coraza de espacial voluta y sale de la bomba a través de una conexión tangencial de descarga. En la voluta, la carga de velocidad del líquido procedente del impulsor se convierte en carga de presión. El fluido recibe energía del impulsor, que a su vez se transmite al mismo por un par de fuerzas del eje motor, el que por lo general es accionado mediante la conexión directa a un motor de velocidad constante.

Bombas dosificadoras

La noción de dosificación es más amplia y presenta diversos puntos de vista. Así, ciertos técnicos definen que un sistema está “dosificando” cuando una bomba centrífuga acoplada a una válvula de regulación, ajustando la contra-presión, ajusta el caudal. Más generalmente admitido es la definición de dosificadora; se aplica a la familia de las bombas volumétricas.

A una cilindrada dada, la variación de la velocidad de rotación de la bomba permite una dosificación bastante precisa.

La única norma existente sobre las bombas dosificadoras es todavía más restrictiva puesto que no hace referencia más que a las únicas bombas volumétricas alternativas que disponen de un sistema mecánico o hidráulico de regulación de cilindrada de la bomba. Esta norma es la norma API675.

7.11 INSTRUMENTACIÓN DE CONTROL

En la planta de proceso se van a distribuir diferentes tipos de sensores para el control de las variables que influyen en el proceso de obtención de bioetanol como por medida de seguridad. Para ello se vana instalar los siguientes instrumentos de medición:

- *Sensor de presión:* Los sensores monolíticos de presión de la serie "SX" de SENSYM permiten medir hasta 150 psi (aproximadamente 10 bar). Varios rangos están disponibles para medir presiones absolutas y diferenciales, desde 0 a 1 psi (SX01) hasta 0 a 150 psi (SX150). Los sensores absolutos (A) tienen una referencia interna al vacío y una salida proporcional a la presión absoluta.
- *Sensor de nivel:* sensor de oscilación amortiguada. Muy utilizados dada su gran variedad y robustez. No requiere mantenimiento y vale para todo tipo de medio. Será de tipo on-off, no dan señal en continuo. (34 unidades).
- *Sensor de temperatura:* termorresistencia tipo pT 100 de acero inoxidable AISI 316 con termostato digital. El intervalo de temperaturas de trabajo está entre -250 y 400°C . Longitud 550 mm y diámetro de $\frac{1}{4}$ ". Modelo P-93756-44 tipo T de "Cole-Parmer". (8 unidades)
- *Sensor de pH:* con electrodo especial, encapsulado y con junta de teflón. Temperatura máxima de trabajo, 80°C . Modelo WD-35807-35, de Cole-Parmer.(20 unidades)
- *Sensor de caudal:* Los sensores de caudal de la serie SI5 se pueden integrar en casi todas las aplicaciones gracias a la amplia selección de adaptadores de proceso existentes.

La robusta carcasa de acero inoxidable ofrece gran seguridad incluso en condiciones ambientales difíciles. La orientación y el montaje independiente del sentido del caudal permiten elegir el lugar de montaje con extrema flexibilidad.

7.12 CONTROL EN LA PLANTA DE PROCESO

El desarrollo del control distribuido en la industria va paralelo al de las comunicaciones. Cada vez es más necesario disponer de dispositivos inteligentes para realizar el control o la supervisión remota, tanto de procesos de fabricación, como de almacenamiento o distribución.

Los sistemas o redes de comunicación empleados en entornos industriales se encuentran sometidos a una problemática específica que condiciona enormemente su diseño y los diferencia de las redes de datos o redes de oficina.

El desarrollo de los microprocesadores, microcontroladores y los controladores lógicos programables (PLCs) dio lugar a la aparición del control distribuido. En este tipo de esquema, un PLC o un microprocesador controla una o más variables del sistema realizando un control directo de las mismas. Estos equipos de control local se comunican con otros elementos de su nivel y con el nivel superior de supervisión.

La Figura 48 muestra en forma esquemática la estructura control implementadas normalmente en la industria.

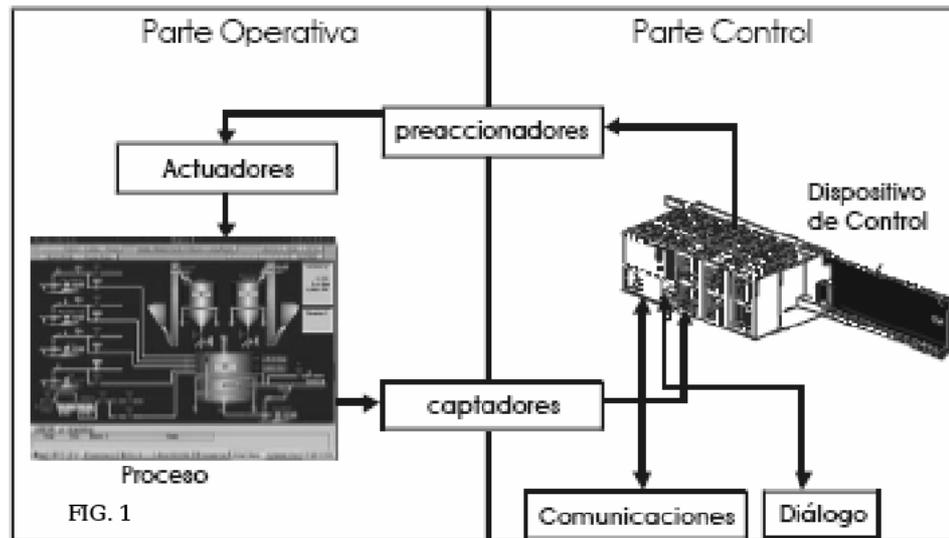


FIG. 1

Figura 48. Estructura del sistema de control

Fuente: Ferrari J.P. "Sistemas de control distribuido" 2005

En la misma pueden verse dos áreas bien definidas, la parte operativa y otra la parte de control.

En la parte operativa tenemos los dispositivos de hardware y software que brindan la información necesaria para llevar a cabo las operaciones de planta necesarias, con una interfase amigable y entendible para el operador.

En la parte de control encontramos a los dispositivos de control (PLC's, DCP'S y o PC industriales) que permiten llevar a cabo las acciones de control en conjunto con los actuadores. Entre todos estos dispositivos hay comunicación vertical (desde la parte de control hacia la operativa y viceversa) y comunicaciones horizontales (entre distintos dispositivos de control).

7.12.1 SISTEMA DE CONTROL

Todo el proceso de la planta diseñada estará regulado por un ordenador principal, el cual procesará todas las mediciones realizadas por los distintos sensores que se encuentran en la planta de proceso.

Estará ubicado en la sala de control dentro de un armario eléctrico estanco, ignífugo, y dispondrá en la puerta de este armario de una pantalla táctil con cuadro sinóptico y varias subpantallas a las que podrá acceder fácilmente el responsable de planta.

El programa permitirá modificar, tras introducir una clave restringida, datos o parámetros de las fórmulas y de las relaciones matemáticas con las que trabaja el programa, tiempos, arrastres de consumos, lotes, etc.

Este centro de control electrónico, contendrá todos los elementos necesarios para el control del proceso: para pH metro, para sensores de temperatura y presión, para sensores de nivel y luminosidad, etc., de manera que el sistema disponga de todos los datos imprescindibles para el control del proceso, ordenando el paro de los elementos eléctricos de control de todos los motores que se encuentran en el cuadro eléctrico cuando se detecte alguna anomalía productiva: fusibles, contactores, magnetotérmicos, diferenciales, relés, variadores de frecuencia, etc.

El cableado, desde la salida del cuadro eléctrico hasta las cajas de distribución eléctrica y desde éstas hasta los puntos de consumo, cumplirá los requisitos según la normativa eléctrica en ambientes peligrosos y explosivos.

El autómatas estará programado para que haga su trabajo en secuencia manual o en automático. El sistema normal de trabajo es en automático, ya que el manual sólo debe utilizarse para efectuar simulaciones de trabajo, comprobación de funcionamiento de determinados elementos: células de carga, sensores, etc.

7.12.2 CONTROL BÁSICO UNIDADES PRINCIPALES

7.12.2.1 Caldera

Nivel de caudal: el sensor de caudal de oscilación amortiguada envía una señal al controlador cuando haya una disminución del caudal de paso. El controlador ordena la parada de suministro a los quemadores evitando así el deterioro de los tubos de la caldera o incluso una explosión. Punto de consigna un valor inferior al 75% del caudal de cada tubería. Alarma es el 90% de la capacidad.

Nivel de presión: se determinara el valor de la presión en el tanque de la caldera con el fin de controlar la posible aparición de una sobrepresión en la caldera que desemboque en una explosión. Se dispondrá de un punto de consigna de 15 bar, si se sobrepasase ese valor, el controlador mandaría una señal para ordenar la regulación de suministro de gas natural a los quemadores.

7.12.2.2 Tanques fermentación:

Nivel del tanque: el sensor de nivel de oscilación amortiguada envía una señal al controlador cuando el depósito esté al 80% de su capacidad. El controlador ordena la parada de la corriente de entrada. El propio sensor indica el momento en el que se alcanza el nivel mínimo de consigna especificado mediante una señal luminosa en el panel del autómatas. Punto de consigna es el 80% de la capacidad, Alarma es el 90% de la capacidad.

Presión del tanque: en el caso de estos tanques existirá una válvula de seguridad tipo “safety” conectada al sistema de venteo de emergencia para proteger al depósito de un exceso de presión. La válvula que estará cerrada en posición normal por acción de un muelle, se abriría en el caso hipotético de que se alcanzara un cierto valor de presión establecido, según presión de diseño. La válvula se abriría completa e instantáneamente a la presión de disparo de ésta, y no volverá a cerrarse hasta que dicha presión haya disminuido un 5%

Control de la temperatura: sistema de control de tipo todo/nada, por el cual una termorresistencia pT 100 va a tomar datos constantes de temperatura que se visualizan en el monitor de control del autómatas. La temperatura debe encontrarse dentro de los márgenes de consigna según el momento de ciclo en que se encuentre. Durante la reacción, el sistema de corte de fuente de calor dejará entrar vapor a través de la electroválvula cuando se baje del punto de consigna considerado. Punto de consigna es 150°C, Alarma es cuando sobrepasa los 160°C.

Control del pH: el sensor encapsulado de pH enviará señales con las medidas tomadas al sistema central de control en todo momento para su seguimiento.



Figura 49 Sensor de pH

Fuente: www.kobold.com

7.12.2.3 *Tanques almacenamiento etanol anhidro:*

Nivel del tanque: el sensor de nivel de oscilación amortiguada envía una señal al controlador cuando el depósito esté al 80% de su capacidad. El controlador ordena la parada de la corriente de entrada. El propio sensor indica el momento en el que se alcanza el nivel mínimo de consigna especificado mediante una señal luminosa en el panel del autómeta. Punto de consigna es el 80% de la capacidad, Alarma es el 90% de la capacidad.

Control de la temperatura: sistema de control de tipo todo/nada, por el cual una termorresistencia pT 100 va a tomar datos constantes de temperatura que se visualizan en el monitor de control del autómeta. La temperatura debe encontrarse dentro de los márgenes de consigna según el momento de ciclo en que se encuentre. Durante la reacción, el sistema de corte de fuente de calor dejará entrar vapor a través de la electroválvula cuando se baje del punto de consigna considerado. Punto de consigna es 40 °C, Alarma es cuando sobrepasa los 80 °C.

7.12.2.4 *Columnas de destilación:*

Nivel del tanque: el sensor de nivel de oscilación amortiguada envía una señal al controlador cuando en la columna se registra un aumento del caudal del líquido, lo que significaría que se está produciendo la inundación de la columna, por ello se colocan diferentes sensores a lo largo de la columna para la más rápida detección del aumento de líquido en el interior de la columna. El controlador ordena la parada de la corriente de entrada. El propio sensor indica el momento en el que se alcanza el nivel mínimo de consigna especificado mediante una señal luminosa en el panel de control.

Presión de la columna: en el caso de que en la columna existirá un exceso de presión, la válvula de seguridad tipo “safety” conectada al sistema de venteo de emergencia para proteger al depósito de un exceso de presión. La válvula que estará cerrada en posición normal por acción de un muelle, se abriría en el caso hipotético de que se alcanzara un cierto valor de presión interna previamente establecido, según presión de diseño. La válvula se abriría completa e instantáneamente a la presión de disparo de ésta, y no volverá a cerrarse hasta que dicha presión haya disminuido un 5%

Control de la temperatura: sistema de control de tipo todo/nada, por el cual una termorresistencia pT 100 va a tomar datos constantes de temperatura que se visualizan en el monitor del panel de control. La temperatura debe encontrarse dentro de los márgenes de consigna según el momento de ciclo en que se encuentre. Durante la reacción, el sistema de corte de fuente de calor dejará entrar vapor a través de la electroválvula cuando se baje del punto de consigna considerado. Punto de consigna es 150°C, Alarma es cuando sobrepasa los 160°C.

7.12.2.5 Tanques de almacenamiento

Nivel del tanque: el sensor de nivel de oscilación amortiguada envía una señal al controlador cuando en la columna se registra un aumento del caudal del líquido, lo que significaría que se está produciendo la inundación de la columna, por ello se colocan diferentes sensores a lo largo de la columna para la más rápida detección del aumento de líquido en el interior de la columna. El controlador ordena la parada de la corriente de entrada. El propio sensor indica el momento en el que se alcanza el nivel mínimo de consigna especificado mediante una señal luminosa en el panel de control.

Para el manejo manual en caso de avería, en la zona central en donde estarán situados los equipos, existirán pulsadores de marcha-paro de todos los motores, bombas, actuadores neumáticos de las bocas de descarga de los fermentadores y tanques de almacenamiento.

7.13 PLANIFICACION Y PROGRAMACION DE LA PRODUCCION

7.13.1 PERSONAL LABORAL

La línea se diseña para funcionar durante todo el año, excepto por paro por revisión de algún equipo o por avería. Se trabajará ininterrumpidamente en tres turnos de ocho horas cada uno en los siguiente horarios:

- Mañana: de 7:00 a 15:00 horas.
- Tarde: de 15:00 a 23:00 horas.
- Noche: de 23:00 a 7:00 horas.

El número de trabajadores para las labores de producción será de cinco en cada uno de los tres turnos diarios.

Se considera este número de trabajadores por los siguientes motivos:

- Para el módulo de control y la supervisión del funcionamiento de las instalaciones y del estado de los equipos, revisando que los parámetros de operación se encuentren dentro del rango óptimo en cada caso, se van a necesitar de dos personas.
- En el laboratorio, donde se hacen los controles de calidad y supervisión de los caldos de fermentación y pureza del xilitol, se va a necesitar dos personas.
- Se requerirá una quinta persona que sea responsable de recepción de materias primas, retirada de productos acabados y labores de almacenamiento y laboratorio y limpieza.

A este personal habrá que añadir a dos técnicos mecánicos para las labores de mantenimiento diarias de los equipos de proceso, a un ingeniero de procesos y a un gerente o director de planta, que además tendrá la competencia de jefe de ventas y director comercial.

Total :

- 15 operarios de fabricación repartidos en 3 turnos de 8 horas
- 6 técnicos mecánicos
- 3 ingeniero
- 1 gerente

7.13.2 PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCION

La planta de proceso va a generar principalmente dos tipos de productos, por un lado se va a obtener etanol anhidro para su utilización como combustible y como producto secundario de la fermentación de residuos lignocelulosicos, obtenemos xilitol, que después de un proceso de purificación, se pueden introducir en el mercado.

La producción diaria de etanol anhidro es de 10400 L y cada 2 días tendremos una cantidad de xilitol cristalizado de 2637,89 kg y de una cantidad solución xilitol-agua 1M de 5307,7 L.

Debido al tiempo de fermentación, el cual es del orden de 156 horas, el ciclo de obtención del bioetanol es de 168 horas, es decir, de 7 días. La solución adoptada es la implantación de 21 tanques de fermentación, tres por cada día de fermentación para poder suplir las necesidades de operación de la planta.

Con esta disposición, podemos trabajar para la obtención del bioetanol diariamente como es el objetivo de la planta.

La distribución aproximada de los tiempos que se emplean en los diferentes equipos que componen la planta de proceso es la siguiente:

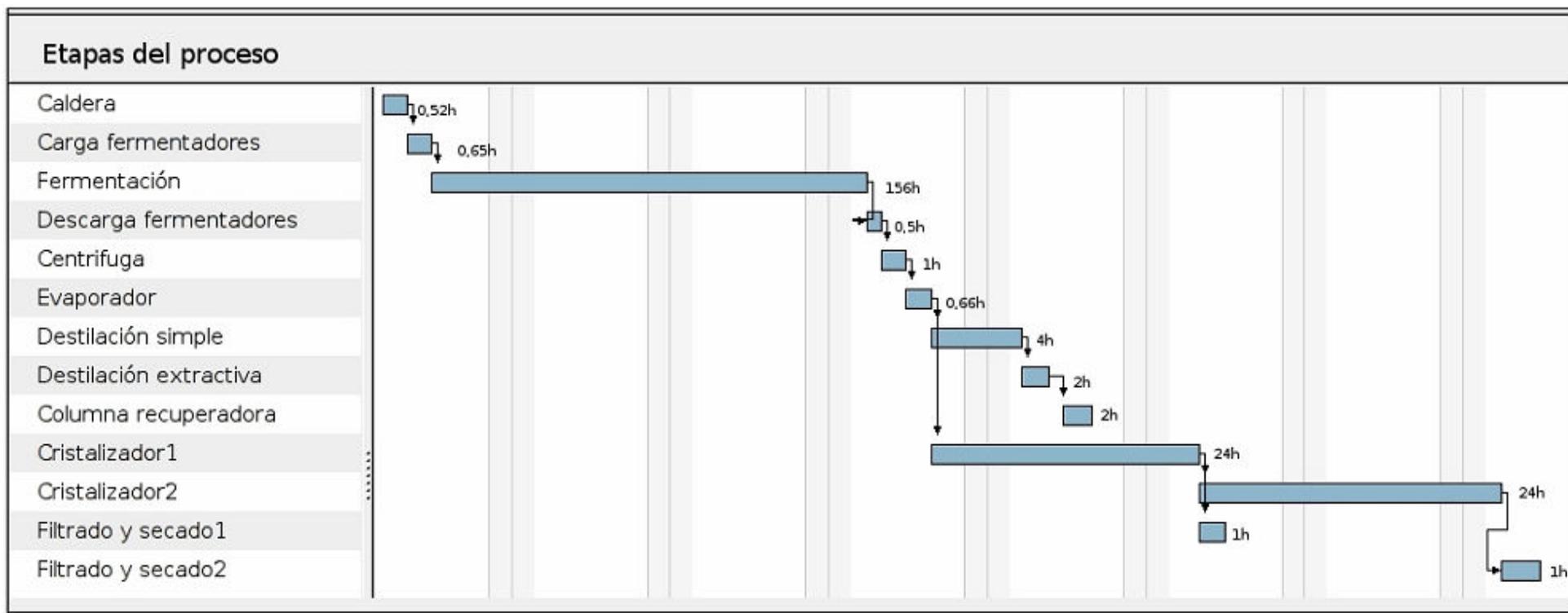
- Caldera: 0,52 h
- Llenado de los tanques de fermentación: 0,65 h
- Proceso de fermentación: 156 h
- Descarga de los tanques de fermentación: 0,5 h
- Centrifuga: 1 h
- Evaporador: 0,66 h
- Columna de destilación simple: 4 h
- Columna extractiva: 2 h
- Columna recuperadora: 2 h
- Cristalización: 24 h
- Filtración y secado 1h

Total tiempo de ciclo: 168h

Número de ciclos al año:

52 ciclos por etapa y año. Como tenemos 7 etapas tendremos un total de 364 ciclos al año.

DIAGRAMA DE GANTT



7.14 INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS.

Los elementos de prevención y lucha contra incendios que se instalarán distribuidos por la planta de procesos son los siguientes:

- Alarma contra incendios, acústica y visual, apreciable en todas las estancias de la edificación.
- extintores portátiles de polvo ABC en el área de proceso.
- extintores portátil de polvo ABCE y una boca de incendio equipada (BIE) en la zona de oficinas.
- BIEs próximos al almacenamiento de etanol anhidro y 2 extintores de polvo ABC
- 1 BIE en la zona de la caldera y 1 extintor portátil ABCE.

Resaltar que debido a la fácil combustión del etanol anhidro, su tanque de almacenamiento esta separado a una distancia prudente del resto de los equipos de procesos y posee un tanque exclusivo de agua para abastecer el sistema de contra incendio.

7.15 ESTUDIO AMBIENTAL DEL PROYECTO

En primer lugar clasificaremos nuestra Instalación.

- Según el Artículo 8 de la Ley 7/1994 del 18 de Mayo de Protección Ambiental de Andalucía nuestra Instalación está sometida a Evaluación de Impacto Ambiental, por estar incluida en el Anexo Primero de dicha Ley. Por lo tanto, nuestra instalación es del Grupo I según el Decreto 59/2005 del 1 de Marzo.

El trámite ambiental que tenemos que llevar a efecto es una Evaluación de Impacto Ambiental, por lo que, tenemos que entregar un Estudio de Impacto Ambiental, que contendrá al menos la siguiente información:

1. Descripción del proyecto y sus acciones.
Examen de alternativas técnicamente viables y presentación de la solución adoptada.
2. Inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas y ambientales claves.
3. Identificación y valoración de impactos en las distintas a alternativas.
4. Propuesta de medidas protectoras y correctoras.
5. Programa de vigilancia ambiental.
6. Documento de síntesis.

Una vez entregada toda la documentación señalada arriba, esperamos a la Declaración de Impacto Ambiental emitida por el organismo ambiental.

Según la Ley 7/1994 no cabe otra alternativa que la descrita anteriormente.

7.16 ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO

Tras realizar el análisis de rentabilidad a la planta de procesos, cuyo resultado es mostrado a continuación, comprobamos que la planta es viable desde el punto de vista económico. Ya que la venta de distinto producto nos proporciona una gran versatilidad en el mercado.

Capital a invertir	18696578,76 €	
Coste operación anual	9415222,57 (€/año)	
Productos	Bioetanol: 3640000 L/año	
	Cristales xilitol: 461630,75 kg/año	
	Solucion xilitol 1M: 1322429,5 L/año	
	Agua destilada: 52779615 L/año	
Precios	Bioetanol: 0,71 (€/L)	
	Cristales xilitol: 85 (€/kg)	
	Solución xilitol 1M: 5,32 (€/L)	
	Agua destilada: 0,2 (€/L)	
Ingresos por ventas	59414261,7 (€/año)	
Coste de producción	Bioetanol: 2,58 (€/L)	
	Cristales xilitol: 20,39 (€/kg)	
	Solución xilitol 1M: 7,12 (€/L)	
	Agua destilada: 0,178 (€/L)	
Ganancia bruta	Bioetanol: - 6806800 (€/año)	21799941,2 (€/año)
	Cristales xilitol: 29825962,76 (€/año)	
	Solución xilitol 1M:-2380373,1 (€/año)	
	Agua destilada:1161151,53 (€/año)	
Impuestos aplicables	* (IVA 16%)	
Ganancia neta	5 primeros años: 21799941,2 (€ / año)	
	Posterior a 5 años: 18311950,6 (€ / año)	
Ganancia bruta marginal	55,5 %	
Retorno de la inversión	90%	

7.17 NORMAS Y REFERENCIAS

Se recogen a continuación los reglamentos y normas generales de aplicación:

- LI.- Ley de Industria.
- LR.- Ley de Residuos.
- AMINYP.- Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.
- RICS.- Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial.
- RITE.- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus I.T.C.
- RBT.- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- NIA.- Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua.
- TAA.- Tuberías de Abastecimiento de Aguas.
- RAPQ.- Reglamento sobre Almacenamiento de Productos Químicos.
- RU.- Reglamentos Urbanísticos.
- ODE.- Ordenación de la Edificación.
- RMC.- Recepción de Materiales de Construcción, Cales, Cementos, Ladrillos, Escayolas, Bloques de Hormigón.
- EHE.- Instrucción de Hormigón Estructural.

- EA-95.- Estructuras de Acero en Edificación.
- EA-96.- Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Forjados Unidireccionales de Hormigón Armado o Pretensado.
- NBE FL-90.- Normas Básicas de la Edificación. Muros Resistentes de Fábrica de Ladrillos.
- NBE CT-79.- Condiciones Térmicas en los Edificios.
- NBE CA-88.- Condiciones Acústicas en los Edificios.
- NBE CPI-96.- Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios.
- RII.- Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.
- LPRL.- Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- OGSHT.- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- RSM.- Reglamento de Seguridad en las Máquinas.
- Medidas de Protección de los Trabajadores frente a los Riesgos derivados de su exposición al Ruido.
- Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en el Trabajo en materia de Señalización.

- Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo.
- Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud, relativas a la Manipulación Manual de Cargas.
- Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud, relativas a la Utilización por los Trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud para la Utilización por los Trabajadores de los Equipos de Trabajo.
- Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Ley de Protección del ambiente atmosférico.
- Contaminación Industrial en la Atmósfera. Prevención y Corrección.

Capítulo 8

BIBLIOGRAFÍA

8.1 LIBROS

- Atkinson B. “Reactores Bioquímicos”. 1986. Editorial: Reverté
- Badger, W. L. Y Branchero, J. T. “Introducción a la Ingeniería Química”. 1967. Ediciones del Castillo, S.A.
- Ballesteros I. Obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica mediante un proceso de sacarificación y fermentación simultánea (SFS). 2000. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá de Henares.
- Bazus A. (1991). Raffinage des agroressources: extraction et caractérisations des glucuronoxylanes des coques de tournesol. Tesis Doctoral. Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Brown, G. G. “Operaciones básicas de Ingeniería Química”. 1970. Editorial. Marín, S.A.
- Fernández, C., Avelino, A., Farelo, F., Crystallization of xylitol from hydro-alcoholic solutions containing arabitól and adonitol, 14th International Symposium on Industrial crystallization, University of Cambridge (1999).
- Ferrari D., Burastero J. (1994). Procesos de hidrólisis ácida. En: Etanol de lignocelulósicos. Tecnología y perspectivas. Cunningham R.E., López G.D. (Eds.), Universidad de Santiago de Compostela, p. 61-94.
- Gòdia Casablanca, F. Y López Santín, J. “Ingeniería Bioquímica”. 1998. Editorial: Síntesis.
- Levenspiel, O. “Flujo de Fluidos e Intercambio de calor”. 1998. Editorial: Reverté, S.A.

- Madson PW, Monceaux DA (1995) Fuel ethanol production. En Lyons TP, Kelsall DR, Murtagh JE (Eds.). The Alcohol Textbook. Nottingham University Press. Nottingham, Reino Unido. pp. 257-268.
- McCabe Smith Harriot. “Operaciones unitarias en Ingeniería Química”. 2002. Editorial: Mc Graw Hill.
- Megyesy Eugene F.. “Manual de Recipientes a Presión. Diseño y Cálculo”. 2001. Editorial Limusa, S.A
- Mills, A. F. “Transferencia de calor”. 1995. Editorial: Mc Graw Hill. Holman, J. P. “Transferencia de calor” 1998. Editorial: Mc Graw Hill.
- Perry Robert H., Chilton Cecil H.. “Manual del Ingeniero Químico”. 2001. Editorial: McGraw-Hill 5ª Edición.
- Ranald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu. “Mecánica de los fluidos e hidráulica”.1994. Editorial: Mc Graw Hill.
- Ruiz C. “Proyecto y Construcción de Recipientes a Presión”. 1976. Editorial: Urmo, S.A.
- Santamaría Jesús M, Herguido Javier, Menéndez, Miguel A., Monzón Antonio . “Ingeniería de reactores”. 2002. Editorial: Síntesis.
- Storch De Gracia, J.M. “Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras. Fundamento , evaluación de riesgos y diseño”. 1998. Editorial : McGraw Hill.
- Timoshenko S.. “Resistencia de materiales, Tomo II”. 1961. Editorial Espasa-Calpe, S.A.

- Weatherley, L. R., Engineering process for bioseparations, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford (1994).

8.2 ARTICULOS

- Abate C., Callieri D., Rodríguez E., Garro O. (1996). Ethanol production by a mixed culture of flocculent strains of *Zymomonas mobilis* and *Saccharomyces* sp. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 45, 580-583.
- Abatzoglou N., Koeberle P.G., Chornet E., Overend R.P., Koukios E.G. (1990). Dilute acid hydrolysis of lignocellulosics. An application to medium consistency suspensions of hardwoods using a plug flow reactor. *Can. J. Chem. Eng.* 68, 627-638.
- Adaskaveg J.E., Gilberton R.L., Dunlap M.R. (1995). Effects of incubation time and temperature on in vitro selective delignification of silver leaf oak by *Ganoderma colossum*. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 138-144.
- Aguilar R., Ramírez J.A., Garrote G., Vázquez M. (2002). Kinetic study of the acid hydrolysis of sugar cane bagasse. *J. Food Eng.* 55, 309-318.
- Ahring B.K., Jensen K., Nielsen P., Bjerre A.B., Schmidt A.S. (1996). Pretreatment of wheat straw and conversion of xylose and xylan to ethanol by thermophilic anaerobic bacteria. *Bioresour. Technol.* 58, 107-113.
- Ames J, Werner C (2003) Reaching the environmental community: Designing an information program for the NREL biofuels program. National Renewable Energy Laboratory. Golden, CO, EEUU. 93 pp.

- Amin G., van den Eynde E., Verachtert H. (1983). Determination of by-products formed during the ethanolic fermentation, using batch and immobilized cell systems of *Zymomonas mobilis* and *Saccharomyces bayanus*. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 18, 1-5.
- Anaya Durand A. Implantacion de equipos en plantas Instituto Mexicano del Petróleo INGENIERIA QUIMICA - MAYO 1998
- Ancillotti F, Fattore V (1998) Oxygenate fuels: Market expansion and catalytic aspect of synthesis. *Fuel Process. Technol.* 57: 163-194.
- Ando S., Arai I., Kiyoto K., Hanai S. (1986). Identification of aromatic monomers in steam exploded poplar and their influences on ethanol fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Ferment. Technol.* 64, 567–570.
- Aranda Barradas J.S., Delia M.L., Riba J.P. (2000). Kinetic study and modelling of the xylitol production using *Candida parapsilosis* in oxygen limited culture conditions. *Bioprocess Eng.* 22, 219-225.
- Azuma M., Ikeuchi T., Kiritani R., Kato J., Ooshima H. (2000). Increase in xylitol production by *Candida tropicalis* upon addition of salt. *Biomass Bioenerg.* 19, 129-135.
- Bailey JE, Sburlati A, Hatzimanikatis V, Lee K, Renner WA, Tsai PS. 1996. Inverse metabolic engineering: a strategy for directed genetic engineering of useful phenotypes. *Biotechnol Bioeng* 52:109 – 121.

- Ballesteros I., Oliva J.M., Negro M.J., Ballesteros M. (2000). Effect of particle size on steam explosion pretreatment of herbaceous agricultural wastes. En: 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry. Kyritsis, S., Beenackers, A.A.C.M., Helm, P., Grassi, A., Chiaramonti, D. (Eds.), James & James Pub., Londres, Vol. 1, p. 414-417.
- Barba, D., Brandani, V., Hyperazeotropic ethanol salted-out by extractive distillation. Theoretical evaluation and experimental check. Chemical Engineering Science. Vol. 40, No.12, p. 2.287-2.292.
- Barbosa M.F.S., Lee H., Schneider H., Forsberg C.W. (1990). Temperature mediated changes of D-xylose metabolism in the yeast *Pachysolen tannophilus*. FEMS Microbiol. Lett. 72, 35-40.
- Barron N., Marchant R., McHale L., McHale A.P. (1995). Studies on the use of a thermotolerant strain of *Kluyveromyces marxianus* in simultaneous saccharification and ethanol formation from cellulose. Appl. Microbiol. Biotechnol. 43, 518-520.
- Baugh K.D., McCarty P.L. (1988). Thermochemical pretreatment of lignocellulose to enhance methane fermentation: I. Evaluation and application of pretreatment model. Biotechnol. Bioeng. 31, 50-61.
- Becker J, Boles E. 2003. A modified *Saccharomyces cerevisiae* strain that consumes L-arabinose and produces ethanol. Appl Environ Microbiol 69:4144 – 4150.

- Bergmeyer H.U., Bernt E., Schmidt F., Stork H. (1974). Methods of Enzymatic Analysis. Bergmeyer, H.U. (Eds.), Verlag Chemie, Weinheim, Academic Press, 2nd ed., Nueva York, Vol. 3, p. 1196-1201.
- Bergmeyer H.U., Möllering H. (1974). Methods of Enzymatic Analysis. Bergmeyer, H.U. (Eds.), Verlag Chemie, Weinheim, Academic Press, 2nd ed., Nueva York, Vol. 3, p. 1520-1528.
- Bertolini M.C., Ernandes J.R., Laluce C. (1991). New yeast strains for alcoholic fermentation at higher sugar concentration. *Biotechnol. Lett.* 13, 197-202.
- Beutler H.O., Becker J. (1977). Enzymatischen Bestimmung von D-Sorbit und Xylit in Lebensmitteln. *Deutsche Lebensmittel - Rundschau* 6, 182-187.
- Beutler H.O., Michal G. (1977). Neue Methode zur enzymatischen Bestimmung von Ethanol in Lebensmitteln. *Z. Anal. Chem.* 284, 113-117.
- Bhandari N., Macdonald D.G., Bakhshi N.N. (1984). Kinetic studies of corn stover saccharification using sulfuric acid. *Biotechnol. Bioeng.* 26, 320-327.
- Bhat M.K., Hazlewood G.P. (2001). Enzymology and other characteristics of cellulases and xylanases. En: *Enzymes in farm animal nutrition*. Bedford M.R., Partridge G.G. (Eds.), CABI International, Oxon.
- Bicho P.A., Cunningham J.D., Lee H. (1989). Differential fructose effect in *Pachysolen tannophilus* and *Pichia stipitis*. *FEMS Microbiol. Lett.* 57, 323-328.

- Bienkowski P.R., Ladisch M.R., Voloch M., Tsao G.T. (1984). Acid hydrolysis of pretreated lignocellulose from corn residue. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* 14, 511-524.
- Bjerre A.B., Olesen A.B., Fernqvist T., Plöger A., Skammelsen A. (1996). Pretreatment of wheat straw using combined wet oxidation and alkaline hydrolysis resulting in convertible cellulose and hemicellulose. *Biotechnol. Bioeng.* 49, 568-577.
- Black, C., Distillation modeling of ethanol recovery and dehydration processes for ethanol and gasohol. *Chemical Engineering Progress.* p. 78-85. September (1980).
- Boyle N., Barron N., McHale A.P. (1997). Simultaneous saccharification and fermentation of straw to ethanol using the thermotolerant yeast strain *Kluyveromyces marxianus imb3*. *Biotechnol. Lett.* 19, 49-51.
- Bravo V., Camacho F., Sánchez S., Castro E. (1993). The effect of pH on kinetic and yield parameters during the ethanolic fermentation of D-xylose with *Pachysolen tannophilus*. *Bioprocess Eng.* 9, 159-165.
- Bravo V., Camacho F., Sánchez S., Castro E. (1995b). Influence of the concentrations of D xylose and yeast extract on ethanol production by *Pachysolen tannophilus*. *J. Ferment. Bioeng.* 79, 566-571.
- Bravo V., Martínez M.E., Sánchez S., Castro E., Sánchez P. (1995a). Fermentación etanólica de disoluciones de D-xilosa con *Pachysolen tannophilus*. Influencia del nivel de aireación. *Afinidad* 457, 189-196.

- Bridgwater A.V. (2001). The contribution of fast pyrolysis to Bio-energy. En: 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry. Kyritsis S., Beenackers A.A.C.M., Helm P., Grassi A., Chiaramonti D. (Eds.), James & James Pub., Londres, Vol. 1, p. 45-48.
- Bruinenberg P.M., de Bot P.H.M., van Dyken J.P., Scheffers W.A. (1983). The role of redox balances in the anaerobic fermentation of xylose by yeasts. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 18, 287-292.
- Cadoche L, López GD (1989) Assessment of size reduction as a preliminary step in the production of ethanol from lignocellulosic wastes. *Biol. Waste* 30: 153-157.
- Caicedo LA, Cuenca MM, Díaz M (2003) Escalado de la producción de etanol a nivel de planta piloto empleando un reactor con células inmovilizadas. En XXII Congreso Colombiano de Ingeniería Química. Bucaramanga, Colombia. pp. 43-46.
- Camacho F., González P., Jurado E., Páez M.P. (1986). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos (II). *Ing. Quím.* 18 (203), 117-123.
- Cannell MGR (2003) Carbon sequestration and biomass energy offset: theoretical, potential and achievable capacities globally, in Europe and the UK. *Biomass Bioenerg.* 24: 97-116.
- Cao N.J., Krishnan M., Du J.X., Gong C.S., Ho N.W., Chen Z.D., Tsao G.T. (1996). Ethanol production from corn cob pretreated by the ammonia steeping process using genetically engineered yeast. *Biotechnol. Lett.* 18 9, 1013-1018.

- Cardona C, Sánchez O, Ramírez J, Alzate L (2004) Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. *Rev. Col. Biotecnol.* 6: 78-89.
- Cardona CA, Pisarenko Yu A, Serafimov LA (2000) DIPE as an alternative additive for motor fuel. *Sci. Technol. Hydrocarb.* 4: 72-73.
- Carmo, M.J. y Gubulin, J.C., Ethanol-Water Adsorption on commercial 3A zeolites: kinetic and thermodynamic data. *Brazilian Journal of Chemical Engineering.* Vol. 14, No. 3 Sep. (1997).
- Carrasco J.E., Martínez J.M., Pérez J., Molina A. (1992). La hidrólisis ácida como tecnología para el fraccionamiento de la biomasa lignocelulósica (II). *Ing. Quím.* 24 (275), 195-200.
- Castro E. (1993). Fermentación de disoluciones de D-xilosa y D-glucosa con levaduras. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Castro M. (1987). Fermentación etanólica discontinua de glucosa con *Pachysolen tannophilus*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Granada.
- Chamy R., Núñez M.J., Lema J.M. (1994). Product inhibition of fermentation of xylose to ethanol by free and immobilized *Pichia stipitis*. *Enzyme Microb. Technol.* 16, 622-626.
- Chen L.F., Gong C.S. (1985). Fermentation of sugarcane bagasse hemicellulose hydrolysate-acclimatized yeast. *J. Food Sci.* 50, 226-228.

- Chianese, A. y Zinamosca, F., "Ethanol dehydration by azeotropic distillation with mixed solvent entrainer. The Chemical Engineering Journal. Vol. 43 p. 59-65. (1990).
- Chiang G., Knight S.G. (1960). Metabolism of D-xylose by molds. Nature 188, 79-81.
- Choi C.H., Mathews A.P. (1996). Two-step acid hydrolysis process kinetics in the saccharification of low-grade biomass: 1. Experimental studies on the formation and degradation of sugars. Bioresour. Technol. 58, 101-106.
- Chum H.L., Johnson D.K., Black S. (1988). Organosolv pretreatment for enzymatic hydrolysis of poplar: 1. Enzyme hydrolysis of cellulosic residues. Biotechnol. Bioeng. 31, 643-649.
- Chum H.L., Johnson D.K., Black S.K., Overend R.P. (1990). Pretreatment-catalyst effects of the combined severity parameter. Appl. Biochem. Biotechnol. 24/25, 1-14.
- Chum HL, Overend RP (2001) Biomass and renewable fuels. Fuel Process. Technol. 71: 187-195.
- Claassen PAM, van Lier JB, López Contreras AM, van Niel EWJ, Sijtsma L, Stams AJM, de Vries SS, Weusthuis RA (1999) Utilisation of biomass for the supply of energy carriers. Appl. Microbiol. Biotechnol. 52: 741-755.
- Clark T., Mackie K.L. (1984). Fermentation inhibitors in wood hydrolysates derived from the softwood *Pinus radiata*. J. Chem. Biotechnol. B 34, 101-110.

- Converti A., Domínguez J.M., Perego P., da Silva S.S., Zilli M. (2000b). Wood hydrolysis and hydrolyzate detoxification for subsequent xylitol production. *Chem. Eng. Technol.* 23, 1013-1020.
- Converti A., Perego P., Domínguez J.M. (1999). Microaerophilic metabolism of *Pachysolen tannophilus* at different pH values. *Biotechnol. Lett.* 21, 719-723.
- Converti A., Perego P., Torre P., Silva S.S. (2000a). Mixed inhibition by methanol, furfural and acetic acid on xylitol production by *Candida guilliermondii*. *Biotechnol. Lett.* 22, 1861-1865.
- Coombs J (1996) Bioconversion assessment study. Science, Research and Development. EC, DG XII, Bruselas, Bélgica.
- Curreli N., Agelli A., Oisu B., Rescigno A., Sanjust E., Rinaldi A. (2002). Complete and efficient enzymic hydrolysis of pretrated wheat straw. *Process Biochem.* 37, 937-941.
- Cuzens JC, Miller JR (1997) Acid hydrolysis of bagasse for ethanol production. *Renew. Energ.* 10: 285-290.
- Da Silva ACS, Vaz CM (1989) Continuous process of optimized fermentation for the production of alcohol. Patent US4889805.
- Da Silva S.S., Afschar A.S. (1994). Microbial production of xylitol from D xylose using *Candida tropicalis*. *Bioprocess Eng.* 11, 129-134.
- Dadach Z., Kaliaguine S. (1993). Acid hydrolysis of cellulose. Part I. Experimental kinetic analysis. *Can. J. Chem. Eng.* 71, 880-891.

- Dale BE, Leong CK, Pham TK, Esquivel VM, Ríos I, Latimer VM (1996) Hydrolysis of lignocellulosics at low enzyme levels: Application of the AFEX process. *Bioresource Technol.* 56: 111-116.
- Danisco Sweeteners, Sweetness without tooth decay, Danisco Sweetness Ltd. (2001).
- De Bari I, Viola E, Barisano D, Cardinale M, Nanna F, Zimbardi F, Cardinale G, Braccio G (2002) Ethanol production at flash and pilot scale from concentrated slurries of steam-exploded aspen. *Ind. Eng. Chem. Res* 41: 1745-1753.
- Debus D., Methner H., Schulze D., Dellweg H. (1983). Fermentation of xylose with the yeast *Pachysolen tannophilus*. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 17, 287-291.
- Dekker R.F.H. (1986). Lipid-enhanced ethanol production from xylose by *Pachysolen tannophilus*. *Biotechnol. Bioeng.* 28, 605-608.
- Delgenes J.P., Moletta R., Navarro J.M. (1986). The effect of aeration on D-xylose fermentation by *Pachysolen tannophilus*, *Pichia stipitis*, *Kluyveromyces marxianus* and *Candida shehatae*. *Biotechnol. Lett.* 8, 897-900.
- Delgenes J.P., Moletta R., Navarro J.M. (1988). Fermentation of D-xylose, D glucose and L arabinose mixture by *Pichia stipitis* Y7124: sugar tolerance. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 29, 155-161.
- Delgenes J.P., Moletta R., Navarro J.M. (1990). Acid hydrolysis of wheat straw and process considerations for ethanol fermentation by *Pichia stipitis* Y7124. *Process Biochem. Int.* 8, 132-135.

- Delgenes J.P., Moletta R., Navarro J.M. (1991). Xylose metabolism by *Pichia stipitis*: the effect of ethanol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 35, 656-661.
- Delgenes M.C., Escare J.M., Laplace R., Moletta J.M., Navarro (1998). Biological production of industrial chemicals, i.e. xylitol and ethanol, from lignocelluloses by controlled mixed culture systems. *Ind. Crop. Prod.* 7, 101-111.
- Dellweg H., Debus D., Methner H., Schulze D., Saschewag I. (1982). Xylose Vergärung mit *Pachysolen tannophilus*. En: 5th Symposium Techn. Mikrobiol.
- Derenzo, S., Estudio da cristalização de ácido adípico em diversos solventes, Tese de Doutorado, UFSCar, Brasil (2001).
- Deshpande V., SivaRaman H., Rao M. (1983). Simultaneous saccharification and fermentation of cellulose to ethanol using *Penicillium funiculosum* cellulase and free or immobilized *Saccharomyces uvarum* cells. *Biotechnol. Bioeng.* 25, 1679-1684.
- Detroy R.W., Cunningham R.L., Herman A.I. (1982). Fermentation of wheat straw hemicelluloses to ethanol by *Pachysolen tannophilus*. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* 12, 81-89.
- DiPardo J. (2001). Outlook for biomass ethanol production and demand. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/biomass.html> (acceso: 25-07- 2002).
- Doelle MB, Doelle W (1989) Ethanol production from sugar cane syrup using *Zymomonas mobilis*. *J. Biotechnol.* 11: 25-36. du Preez JC, de Jong F, Botes PJ, Lategan PM (1985) Fermentation alcohol from grain sorghum starch. *Biomass* 8: 101-117.

- Domínguez J.M., Gong C.G., Tsao G.T. (1996). Pretreatment of sugar cane bagasse hemicellulose hydrolysate for xylitol production by yeast. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 57/58 49-56.
- Domínguez J.M., Ningjun C., Gong C.S., Tsao, G.T. (1997). Dilute acid hemicellulose hydrolysates from corn cobs for xylitol production by yeast. *Bioresour. Technol.* 61, 85-90.
- Du Preez J.C. (1994). Process parameters and environmental factors affecting D-xylose fermentation by yeasts. *Enzyme Microb. Technol.* 16, 944-956.
- Du Preez J.C., Kock J.L.F., Monteiro A.M.T., Prior B.A. (1985). The vitamin requirements of *Candida shehatae* for xylose fermentation. *FEMS Microbiol. Lett.* 28, 271-275.
- Echeagaray O, Carvalho J, Fernandes A, Sato S, Aquarone E, Vitolo M (2000) Fed-batch culture of *Saccharomyces cerevisiae* in sugarcane blackstrap molasses: invertase activity of intact cells in ethanol fermentation. *Biomass Bioenerg.* 19: 39-50.
- Echeverri, H., Columbia Paving the Way in Renewable Fuels for Transport. En: *Energy and Environmental Advisor*, CORPODIB, Bogotá Colombia.
- Ehnstroem LKJ (1984) Fermentation method. Patent US4460687.
- Eken-Saracoglu N, Arslan Y. (2000). Comparison of different pretreatments in ethanol fermentation using corn cob hemicellulosic hydrolysate with *Pichia stipitis* and *Candida shehatae*. *Biotechnol. Lett.* 22, 855-858.

- Eken-Saracoglu N., Ferda Mutlu S., Dilmac G., Cavusoglu H. (1998). A comparative kinetic study of acidic hemicellulose hydrolysis in corn cob and sunflower seed hull. *Bioresour. Technol.* 65, 29-33.
- Eliasson A, Christensson C, Wahlbom CF, Hahn-Hagerdal B. 2000. Anaerobic xylose fermentation by recombinant *Saccharomyces cerevisiae* carrying XYL1, XYL2, and XKS1 in mineral medium chemostat cultures. *Appl Environ Microbiol* 66:3381 – 3386.
- Emmel A., Mathias A.L., Wypych F., Ramos L.P. (2003). Fractionation of *Eucalyptus grandis* chips by dilute acid-catalysed steam explosion. *Bioresour. Technol.* 86, 105-115.
- Emodi, A, Xylitol, It's properties and applications , *Food technology*, 28-32 (1978).
- Esteghlalian A, Hashimoto AG, Fenske JJ, Penner MH (1997) Modeling and optimization of the dilute-sulfuric-acid pretreatment of orn stover, poplar and switchgrass. *Bioresource Technol.* 59: 129-136.
- Esteghlalian A., Hashimoto A.G., Fenske J.J., Penner M.H. (1997). Modeling and optimization of the dilute-sulfuric-acid pretreatment of corn stover, poplar and switchgrass. *Bioresour. Technol.* 59, 129-136.
- Fanta G.F., Abbott T.P., Herman A.I., Burr R.C., Doane W.M. (1984). Hydrolysis of wheat straw hemicellulose with trifluoroacetic acid. *Biotechnol. Bioeng.* 26, 1122-1125.

- Fein J.E., Tallim S.R., Lawford G.R. (1984). Evaluation of D-xylose fermenting yeasts for utilization of wood-derived hemicellulose hydrolysate. *Can. J. Microbiol.* 30, 682-690.
- Felipe M.G.A., Alves L.A., Silva S.S., Roberto I.C., Mancilha I.M., Almeida e Silva J.B. (1996). Fermentation of eucalyptus hemicellulosic hydrolysate to xylitol by *Candida guilliermondii*. *Bioresour. Technol.* 56, 281-283.
- Felipe M.G.A., Vitolo M., Mancilha I.M., Silva S.S. (1997). Fermentation of sugar cane bagasse hemicellulosic hydrolysate for xylitol production: effect of pH. *Biomass Bioenerg.* 13, 11-14.
- Ferrari M.D., Neirotti E., Albornoz C., Saucedo E. (1992). Ethanol production from eucalyptus wood hemicellulose hydrolysate by *Pichia stipitis*. *Biotechnol. Bioeng.* 40, 753-759.
- Furlan S.A., Bouilloud P., de Castro H.F. (1994). Influence of oxygen on ethanol and xylitol production by xylose fermenting yeasts. *Process Biochem.* 29, 657– 662.
- Furlan S.A., Bouilloud P., Strehaiano P., Riba J.P. (1991). Study of xylitol formation from xylose under oxygen limiting conditions. *Biotechnol. Lett.* 13, 203-206.
- Galbe M, Zacchi G. 1996. Simulation of processes for conversion of lignocellulosics. In: Saddler JN, editor. *Bioconversion of forest and agricultural plant residues*. Wallingford, UK: CAB International. p 291 – 319.

- Galbe M, Zacchi G. 2002. A review of the production of ethanol from softwood. *Appl Microbiol Biotechnol* 59:618 – 628.
- Galbe M., Zacchi G. (2002). A review of the production of ethanol from softwood. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 59, 618-628.
- Garay-Arroyo A., Covarrubias AA., Clark I, Nino I., Gosset G., Martinez A. 2003. Response to different environmental stress conditions of industrial and laboratory *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Appl Microbiol Biotechnol* 63:734 – 741.
- Gil GH, Jones WJ, Tornabene TG (1991) Continuous ethanol production in a two-stage, immobilized/suspended-cell bioreactor. *Enzyme Microb. Technol.* 13: 390-399.
- Gil, Uyazán A.M, Aguilar J.L., Rodríguez G. y Caicedo L.A. Diseño y operación de una columna de destilación extractiva XXII IACChE (CIIQ) 2006 / V CAIQ
- Giulietti, M., Seckler, M., Derenzo, S., et.al. Industrial Crystallization and Precipitation from solutions, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, vol.18, 4, 423-440 (2001).
- GRAY W. D. The acclimatization of yeast to high concentrations of glucose: the subsequent effect upon alcohol tolerance September 16, 1946
- Grote W, Rogers PL (1985) Ethanol production from sucrose-based raw materials using immobilized cells of *Zymomonas mobilis*. *Biomass* 8: 169-184.
- Gulati M, Kohlman K, Ladish MR, Hespell R, Bothast RJ (1996) Assessment of ethanol production options for corn products. *Bioresource Technol.* 5: 253-264.

- Gurgel P.V., Furlan S.A., Martinez S.E.R., Mancilha I.M. (1998). Evaluation of sugarcane bagasse acid hydrolyzate treatments for xylitol production. *Braz. J. Chem. Eng.* 15, 309-312.
- Gurmukh, D., Comparison of membrane processes with distillation for alcohol/water separation. *Journal of membrane science.* Vol. 12 p. 1-26. (1982).
- Hahn Hägerdal B., Jeppsson H., Skoog K., Prior B.A. (1994b). Biochemistry and physiology of xylose fermentation by yeasts. *Enzyme Microb. Technol.* 16, 933-943.
- Hahn-Hägerdal B., Jeppsson H., Olsson L., Mohagheghi A. (1994a). An interlaboratory comparison of the performance of ethanol-producing microorganisms in a xylose-rich acid hydrolysate. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 41, 62-72.
- Hahn-Hägerdal B., Wahlbom CF., Gardonyi M., van Zyl WH., Cordero Otero RR, Jonsson LJ. 2001. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for xylose utilization. *Adv Biochem Eng Biotechnol* 73: 53 – 84.
- Hallborn J., Gorwa M.F., Meinander N., Penttilä M., Keränen S., Hahn-Hägerdal B. (1994). The influence of cosubstrate and aeration on xylitol formation by recombinant *Saccharomyces cerevisiae* expressing the *XYL1* gene. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 42, 326-333.

- Hanson, N., Lynn y Scott, D., Multieffect extractive distillation for separating aqueous azeotropes. *Industrial Engineering Chemical Process Des. Dev.* Vol. 25, p. 936-941. (1988).
- Hari Krishna S, Prasanthi K, Chowdary G, Ayyanna C (1998) Simultaneous saccharification and fermentation of pretreated sugar cane leaves to ethanol. *Process Biochem.* 33: 825-830.
- Hawgood N, Evans S, Greenfield PF (1985) Enhanced ethanol production in multiple batch fermentations with an auto-flocculating yeast strain. *Biomass* 7: 261-278.
- Heitz M, Carrasco F, Rubio M, Brown A, Chornet E, Overend RP (1987) Physico-chemical characterization of lignocellulosic substrates via autohydrolysis: an application to tropical woods. *Biomass* 13: 255-273.
- Herrera A., Téllez Luis S.J., Ramírez J.A., Vázquez M. (2003). Production of xylose from sorghum straw using hydrochloric acid. *J. Cereal Sci.* 37, 267-274.
- Ho NWY., Chen Z., Brainard AP. 1998. Genetically engineered *Saccharomyces* yeast capable of effective cofermentation of glucose and xylose. *Appl Environ Microbiol* 64:1852 – 1859.
- Ho NWY., Chen Z., Brainard. 1999. Successful design and development of genetically engineered *Saccharomyces* yeasts for effective cofermentation of glucose and xylose from cellulosic biomass to fuel ethanol. *Adv Biochem Eng Biotechnol* 65:163 – 192.

- Horitsu H., Yahashi Y., Takamizawa K., Kawai K. (1992). Production of xylitol from D xylose by *Candida tropicalis*: optimization of production rate. *Biotechnol. Bioeng.* 40, 1085-1091.
- Hosein R, Mellows WA (1989) Malt hydrolysis of sweet-potatoes and eddoes for ethanol production. *Biol. Waste* 29: 263-270.
- Ikeuchi T., Azuma M., Kato J., Ooshima H. (1999). Screening of microorganisms for xylitol production and fermentation behavior in high concentrations of xylose. *Biomass Bioenerg.* 16, 333-339.
- Ingram L.O., Doran J.B. (1995). Conversion of cellulosic materials to ethanol. *FEMS Microbiol. Rev.* 16, 235-241.
- Jeffries T.W. (1982). A comparison of *Candida tropicalis* and *Pachysolen tannophilus* for conversion of xylose to ethanol. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* 12, 103-110.
- Jeffries T.W., Fady J.H., Lightfoot E.N. (1985). Effect of glucose supplements on the fermentation of xylose by *Pachysolen tannophilus*. *Biotechnol. Bioeng.* 27, 171-176.
- Jeffries T.W., Jin Y.S. (2000). Ethanol and thermotolerance in the bioconversion of xylose by yeasts. *Adv. Appl. Microbiol.* 47, 221-268.
- Jeffries T.W., Kurtzman C.P. (1994). Strain selection, taxonomy and genetics of xylose-fermenting yeasts. *Enzyme Microb. Technol.* 16, 922-932.

- Jeppsson M., Johansson B., Hahn-Hagerdal B., Gorwa-Grauslund MF. 2002. Reduced oxidative pentose phosphate pathway flux in recombinant xylose-utilizing *Saccharomyces cerevisiae* strains improves the ethanol yield from xylose. *Appl Environ Microbiol* 68:1604 – 1609.
- Jeppsson M., Johansson B., Jensen PR., Hahn-Hagerdal B., Gorwa-Grauslund 2003a. The level of glucose-6-phosphate dehydrogenase activity strongly influences xylose fermentation and inhibitor sensitivity in recombinant *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast* 20:1263 – 1272.
- Jeppsson M., Traff K., Johansson B., Hahn-Hagerdal B., Gorwa-Grauslund MF. 2003b. Effect of enhanced xylose reductase activity on xylose consumption and product distribution in xylose-fermenting recombinant *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS Yeast Res* 3:167 – 175.
- Jiménez L., López F., Sánchez I. (1991). Characterization of cellulose pulp from agricultural residues. *TAPPI J.*
- Jiménez L., Pérez I., García J.C., López F., Ariza J. (2000). Influence of oxygen bleaching variables of enzyme treated soda pulp from wheat straw on the quality of black liquor. *Process Biochem.* 35, 685-691.
- Jönsson L.J., Palmqvist E., Nilvebrant N.O., Hahn-Hagerdal B. (1998). Detoxification of wood hydrolysates with laccase and peroxidase from the white-rot fungus *Trametes versicolor*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 49, 691-697.

- Kaar WE, Gutiérrez CV, Kinoshita CM (1998) Steam explosion of sugarcane bagasse as a pretreatment for conversion to ethanol. *Biomass Bioenerg.* 14: 277-287.
- Kastner J.R., Ahmad M., Jones W.J., Roberts R.S. (1992). Viability of *Candida shehatae* in D xylose fermentations with added ethanol. *Biotechnol, Bioeng*, 40, 1282-1285.
- Kastner J.R., Roberts R.S., Jones W.J. (1996). Effect of pH on cell viability and product yields in D-xylose fermentations by *Candida shehatae*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 45, 224-228.
- Kavanagh K., Whittaker P.A. (1994). Application of the Melle Boinot process to the fermentation of xylose by *Pachysolen tannophilus*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 42, 28-31.
- Kim S.Y., Kim J.H., Oh D.K. (1997). Improvement of xylitol production by controlling oxygen supply in *Candida parapsilosis*. *J. Ferment. Bioeng.* 83, 267-270.
- Kosaric N, Velikonja J (1995) Liquid and gaseous fuels from biotechnology: challenge and opportunities. *FEMS Microbiol. Rev.* 16: 111-142.
- Kosaric N., Wieczorek A., Cosentino G.P., Magee R.J., Prenosil J.E. (1983). Ethanol Fermentation. En: *Biotechnology*. Rehn H.J., Reed G., Dellweg H. (Eds.), Verlag-chemie, Weinheim, p. 257-385.
- Kraetz, L., Dehydration Of Alcohol Fuels By Pervaporation. *Desalination*. Vol. 70 p. 481-485. (1988).

- Kuhad C.R., Singh A. (1993). Lignocellulose technology: current and future prospects. *Crit. Rev. Biotechnol.* 13, 151-172.
- Laplace J.M., Delgenes J.P., Moletta R., Navarro J.M. (1992). Cofermentation of glucose and xylose to ethanol by a respiratory-deficient mutant of *Saccharomyces cerevisiae* co-cultivated with a xylose-fermenting yeast. *J. Ferment. Bioeng.* 75, 207-212.
- Larsson S., Palmqvist E., Hahn-Hägerdal B., Tenborg C., Stenberg K., Zacchi G., Nilvebrant N.O. (1999). The generation of fermentation inhibitors during dilute acid hydrolysis of softwood. *Enzyme Microb. Technol.* 24, 151-159.
- Laser M, Schulman D, Allen SG, Lichwa J, Antal Jr MJ, Lynd LR (2002) A comparison of liquid hot water and steam pretreatments of sugar cane bagasse for bioconversion to ethanol. *Bioresour. Technol.* 81: 33-44.
- Laser M., Schulman D., Allen S.G., Lichwa J., Antal M.J., Lynd, L.R. (2002). A comparison of liquid hot water and steam pretreatments of sugar cane bagasse for bioconversion to ethanol. *Bioresour. Technol.* 81, 33-44.
- Latif F., Rajoka M.I. (2001). Production of ethanol and xylitol from corn cobs by yeasts. *Bioresour. Technol.* 77, 57-63.
- Lavarack B.P., Griffin G.J., Rodman D. (2000). Measured kinetics of the acid-catalysed hydrolysis of sugar cane bagasse to produce xylose. *Catal. Today* 63, 257-265.

- Lawford H.G., Rousseau J.D. (1991). Fuel ethanol from hardwood hemicellulose hydrolysate by genetically engineered *Escherichia coli* B carrying genes from *Zymomonas mobilis*. *Biotechnol. Lett.* 13, 191-196.
- Lawford H.G., Rousseau J.D. (1998). Improving fermentation performance of recombinant *Zymomonas* in acetic acid-containing media. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 70-72, 161-172.
- Leathers T.D., Dien B.S. (2000). Xylitol production from corn fibre hydrolysates by a two stage fermentation process. *Process Biochem.* 35, 765-769.
- Lee H. (1992). Reversible inactivation of D-xylose utilization by D-glucose in the pentose-fermenting yeast *Pachysolen tannophilus*. *FEMS Microbiol. Lett.* 92,1-4.
- Lee H., Sopher C.R., Yaau K.Y.F. (1996). Induction of xylose reductase and xylitol dehydrogenase activities on mixed sugars in *Candida guilliermondii*. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 66, 375-379.
- Lee J. (1997). Biological conversion of lignocellulosic biomass to ethanol. *J. Biotechnol.* 56, 1-24.
- Lee K.C.P., Bulls M., Holmes J., Barrier J.W. (1997). Hybrid process for the conversion of lignocellulosic materials. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 66, 1-23.
- Lee W.J., Ryu Y.W., Seo J.H. (2000). Characterization of two-substrate fermentation processes for xylitol production using recombinant *Saccharomyces cerevisiae* containing xylose reductase gene. *Process Biochem.* 35, 1199-1203.

- Lee, Fu-Ming y Pahl, R.H., Solvent Screening Study and conceptual extractive distillation process to produce anhydrous ethanol from fermentation broth. En: *Industrial Engineering Process Des. Dev.* Vol. 24, p. 168-172. (1985).
- Lee, H., Biely P., Latta R.K., Barbosa M.F.S., Schneider H. (1986). Utilization of xylan by yeasts and its conversion to ethanol by *Pichia stipitis* strains. *Appl. Environ. Microbiol.* 52, 320-324.
- Lema J., Núñez M.J. (1994). Equipos de alta eficacia en fermentación alcohólica. En: *Etanol de lignocelulósicos. Tecnología y perspectivas.* Cunningham R.E., López G.D. (Eds.), Universidad de Santiago de Compostela, p. 131-168.
- Lezinou V., Christakopoulos P., Li L.W., Kekos D., Macris B.J. (1995). Study of a single and mixed culture for the direct bio-conversion of sorghum carbohydrates to ethanol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 43, 412-415.
- Ligeró, E.L. y Ravagnani, T.M.K., Dehydration of ethanol with salt extractive distillation – a comparative analysis between processes with salt recovery. *Chemical Engineering and Processing.* Vol. 42 p. 543-552. (2003).
- Lighthelm M.E., Prior B.A., du Preez J.C. (1988). The oxygen requirements of yeasts for the fermentation of D-xylose and D-glucose to ethanol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 28, 63-68.

- Lindén T., Hahn-Hägerdal B. (1989). Fermentation of lignocellulose hydrolysates with yeasts and xylose isomerase. *Enzyme Microb. Technol.* 11, 583-589.
- Llano, M. y Aguilar, J., Modeling and simulation of saline extractive distillation columns for the production of absolute ethanol. *Computers and Chemical Engineering.* Vol. 27. No. 4. p. 527-549. (2003).
- López-Ulibarri R, Hall GM (1997) Saccharification of cassava flour starch in a hollow-fiber membrane reactor. *Enzyme Microb. Technol.* 21: 398-404.
- Lu J., Tsai L.B., Gong C.S., Tsao G.T. (1995). Effect of nitrogen sources of xylitol production from D-xylose. *Biotechnol. Lett.* 17, 167-170.
- Lynd LR (1996) Overview and evaluation of fuel ethanol from cellulosic biomass: Technology, Economics, the Environment, and Policy. *Annu. Rev. Energy Environ.* 21: 403-465.
- Lynd LR, Weimer PJ, van Zyl WH, Pretorius IS (2002) Microbial cellulose utilization: Fundamentals and biotechnology. *Microbiol. Mol. Biol. R.* 66: 506-577.
- Madson, P. y Monceaux, D., En: *The Alcohol Textbook. Chapter 17. Fuel Ethanol Production.* KATZEN Internacional Inc. Cincinnati, Ohio, USA (1999).

- Maiorella B.L., Blanch H.W., Wilke C.R. (1984). Economic evaluation of alternative ethanol fermentation processes. *Biotechnol. Bioeng.* 26, 1003-1025.
- Maloney M.T., Chapman T.W., Baker A.J. (1985). Dilute acid hydrolysis of paper birch: kinetics studies of xylan and acetyl group hydrolysis. *Biotechnol. Bioeng.* 27, 355-361.
- Mamma D., Koullas D., Fountoukidis G., Kekos D., Macris B.J., Koukios E. (1996). Bioethanol from sweet sorghum: simultaneous saccharification and fermentation of carbohydrates by a mixed microbial culture. *Process Biochem.* 31, 377-381.
- Marechal V., Rigal L. (1999). Characterization of by products of sunflower culture commercial applications for stalks and heads. *Ind. Crop. Prod.* 10, 185-200.
- Martín A., Jiménez L., Ferrer J.L. (1987). Caracterización física y química de los tallos de girasol. *Afinidad* 44 (408), 133-137.
- Martín C, Galbe M, Wahlbom CF, Hahn-Hägerdal B, Jönsson LJ (2002) Ethanol production from enzymatic hydrolysates of sugarcane bagasse using recombinant xylose-utilising *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme Microb. Technol.* 31: 274-282.
- Martínez A., Rodríguez M.E., York S.W., Preston J.F., Ingram L.O. (2000). Effects of Ca(OH)₂ treatments (overliming) on the composition and toxicity of bagasse hemicellulose hydrolysates. *Biotechnol. Bioeng.* 69, 526-536.

- Martínez, E.A, Silva, S.S., Almeida e Silva, J.B., Solenzal, A I.N., Felipe, M.G.A, The influence of pH and dilution rate on continuous production of xylitol from sugarcane bagasse hemicellulosic hydrolysate by *C. guilliermondii*, *Process Biochemistry*, 38, 1677-1683 (2003).
- Martínez, E.A, Silva, S.S., Felipe, M.G.A, Effect of the oxygen transfer coefficient on xylitol production from sugarcane bagasse hydrolysate by continuous stirred tank reactor fermentation, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 84/86, 633-641 (2000).
- Martínez, E.A, Villareal, M., Almeida e Silva, J.B., Solenzal, A I.N., Canilha, L., Mussatto, S.I., Uso de diferentes materias primas para la producción biotecnológica de xilitol, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3,5,295-301 (2002).
- Matsui, S. (1991). Development of fuel alcohol technologies: research and development of a total system using woody biomass. Eleventh Annual Conf. on Alcohol and Biomass Energy Technologies, NEDO-OS-9106, New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo, pp. 27-40.
- McAloon A, Taylor F, Yee W, Ibsen K, Wooley R (2000) Determining the cost of producing ethanol from corn starch and lignocellulosic feedstocks. National Renewable Energy Laboratory Golden, CO, EEUU. 35 pp.

- McGinnis G.D., Wilson W.W., Price S.E., Chen Ch. (1983). Conversion of biomass into chemicals with high temperature wet oxidation. *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.* 22, 633-636.
- Meinander N., Hahn-Hägerdal B., Linko M., Linko P., Ojamo H. (1994). Fed-batch xylitol production with recombinant XYL1-expressing *Saccharomyces cerevisiae* using ethanol as a cosubstrate. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 42, 334-339.
- Meinander N.Q., Hahn-Hägerdal B. (1997). Fed-batch xylitol production with two recombinant *Saccharomyces cerevisiae* strains expressing XYL1 at different levels, using glucose as a cosubstrate: a comparison of production parameters and strain stability. *Biotechnol. Bioeng.* 54, 391-399.
- Meirelles, A., Ethanol dehydration by extractive distillation. *Journal Chemistry and Tech Biotechnology.* Vol. 53, p. 181-188 (1992).
- Meyrial V., Delgenes J.P., Moletta R., Navarro J.M. (1991). Xylitol production from D xylose by *Candida guilliermondii*: fermentation behaviour. *Biotechnol. Lett.* 13, 281-286.
- Millati R., Niklasson C., Taherzadeh M.J. (2002). Effect of pH, time and temperature of overliming on detoxification of dilute acid hydrolyzates for fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Process Biochem.* 38, 515-522.

- Moniruzzaman M (1996) Saccharification and alcohol fermentation of steam-exploded rice straw. *Bioresource Technol.* 55: 111-117.
- Monte Alegre R, Rigo M, Joekes I (2003) Ethanol fermentation of a diluted molasses medium by *Saccharomyces cerevisiae* immobilized on chrysotile. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 46: 751- 757.
- Moreira J, Goldemberg J (1999) The alcohol program. *Energ. Policy* 27: 229-245.
- Moritz J.W., Duff S. (1996). Simultaneous saccharification and extractive fermentation on cellulosic substrates. *Biotechnol. Bioeng.* 49, 504-511.
- Murtagh JE (1995) Molasses as a feedstock for alcohol production. En Lyons TP, Kelsall DR, Murtagh JE (Eds.) *The Alcohol Textbook.* Nottingham University Press. Nottingham, RU. pp. 89-96.
- Mussatto S.I., Roberto I.C. (2001). Hydrolysate detoxification with activated charcoal for xylitol production by *Candida guilliermondii*. *Biotechnol. Lett.* 23, 1681-1684.
- Nývlt, J., Hostomsk_, J., Giulietti, M., *Cristalização*, Ed. Da UFSCar, São Carlos (2001).
- Nývlt, J., Söhnel, Matuchová, M., Broul, M., *The Kinetics of Industrial Crystallization*, Academia Prague (1985).

- Nadim F, Zack P, Hoag G, Liu S (2001) United States experience with gasoline additives. *Energ. Policy* 29: 1-5.
- Neirinck L., Maleszka R., Schneider H. (1982). Alcohol production from sugar mixtures by *Pachysolen tannophilus*. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* 12, 161-169.
- Nguyen Q., Tucker M.P., Keller F.A., Beaty D.A., Connors K.M., Eddy F.P. (1999). Dilute acid hydrolysis of softwood. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 77-79, 133-142.
- Nigam J.N. (2001). Ethanol production from wheat straw hemicellulose hydrolysate by *Pichia stipitis*. *J. Biotechnol.* 87, 17-27.
- Nigam P, Singh D (1995) Enzyme and microbial systems involved in starch processing. *Enzyme Microb. Technol.* 17: 770-778.
- O.F.D. (1999) Review of the research strategy for biomass-derived transportation fuels. Committee to review the R and D strategy for biomass-derived ethanol and biodiesel transportation fuels. National Academy, Washington, DC, pp 1-48
- Oh D.K., Kim S.Y. (1998). Increase of xylitol yield by feeding xylose and glucose in *Candida tropicalis*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 50, 419-425.
- Overend R.P., Chornet E. (1987). Fractionation of lignocellulosics by steam-aqueous pretreatments. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. A Math. Phys. Eng. Sci.* 321, 523-536.

- Palmqvist E, Hahn-Hägerdal B (2000a) Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. I: inhibition and detoxification. *Bioresource Technol.* 74: 17-24.
- Palmqvist E, Hahn-Hägerdal B (2000b) Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. II: inhibitors and mechanisms of inhibition. *Bioresource Technol.* 74: 25-33.
- Palmqvist E., Grage H., Meinander N.Q. (1999). Main and interaction effects of acetic acid, furfural, and p-hydroxybenzoic acid on growth and ethanol productivity of yeast. *Biotechnol. Bioeng.* 63, 46-55.
- Palmqvist E., Hahn Hägerdal B. (2000). Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. I: inhibition and detoxification. *Bioresour. Technol.* 74, 17-24.
- Palmqvist E., Hahn Hägerdal B., Szengyel Z., Zacchi G., Reczey K. (1997). Simultaneous detoxification and enzyme production of hemicellulose hydrolysates obtained after steam pretreatment. *Enzyme Microb. Technol.* 20, 286-293.
- Palnitkar S., Lachke A.(1992). Effect of nitrogen sources on oxidoreductive enzymes and ethanol production during D xylose fermentation by *Candida shehatae*. *Can. J. Microbiol.* 38, 258-260.
- Panchal C.J., Bast L., Russell I., Stewart G.G. (1988). Represion of xylose utilization by glucose in xylose-fermenting yeasts. *Can. J. Microbiol.* 34, 1316-1320.

- Pandey K, Agarwal PK (1993) Effect of EDTA, potassium ferrocyanide, and sodium potassium tartarate on the production of ethanol from molasses by *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme Microb. Technol* 15: 887-898.
- Papatheofanous MG, Billa E, Koullas DP, Monties B, Koukios EG (1998) Optimizing multisteps mechanical-chemical fractionation of wheat straw components. *Ind. Crop. Prod.* 7: 249-256.
- Parajó J.C., Domínguez H. y Domínguez J.M. (1998c). Biotechnological production of xylitol. Part 3: Operation in culture media made from lignocellulose hydrolysates. *Bioresour. Technol.* 66, 25-40.
- Parajó J.C., Domínguez H., Domínguez J.M. (1996a). Xylitol from wood: study of some operational strategies. *Food Chem.* 57, 531-535.
- Parajó J.C., Domínguez H., Domínguez J.M. (1996b). Production of xylitol from concentrated wood hydrolysates by *Debaryomyces hansenii*: effect of the initial cell concentration. *Biotechnol. Lett.* 18, 593-598.
- Parajó J.C., Domínguez H., Domínguez J.M. (1998a). Biotechnological production of xylitol. Part 1: Interest of xylitol and fundamentals of its biosynthesis. *Bioresour. Technol.* 65, 191-201.
- Parajó J.C., Domínguez H., Domínguez J.M. (1998b). Biotechnological production of xylitol. Part 2: Operation in culture media made with commercial sugars. *Bioresour. Technol.* 65, 203-212.

- Parajó J.C., Domínguez H., Domínguez J.M.(1996c). Study of charcoal adsorption for improving the production of xylitol from wood hydrolysates. *Bioprocess Eng.* 16, 39-43.
- Parajó J.C., Vázquez D., Alonso J.L., Santos V., Domínguez H. (1993). Prehydrolysis of Eucalyptus wood with dilute sulphuric acid: operation at atmospheric pressure. *Holz als Roh-und Werkst.* 51, 357-363.
- Parajó J.C., Vázquez D., Alonso J.L., Santos V., Domínguez H. (1994). Prehydrolysis of Eucalyptus wood with dilute sulphuric acid: operation in autoclave. *Holz als Roh-und Werkst.* 52, 102-108.
- Park S.C., Kademi A. y Baratti J.C. (1993). Alcoholic fermentation of cellulose hydrolysate by *Zymomonas mobilis*. *Biotechnol. Lett.* 15, 1179-1184.
- Philippidis G.P., Smith T.K., Wyman C.E. (1993). Study of enzymatic hydrolysis of cellulose for production of fuel ethanol by the simultaneous saccharification and fermentation process. *Biotechnol. Bioeng.* 41, 846-853.
- Picataggio S., Zhang M. (1996) Microorganism development for bioethanol production from hydrolysates. In: Wyman CE (de) *Handbook on bioethanol: production and utilization*. Taylor and Francis, Washington, DC, pp 163–178

- Pinto, R.T.P., Wolf-Maciel, M.R. y Lintomen, L., Saline extractive distillation process for ethanol purification. *Computers & Chemical Engineering*. Vol. 24, p. 1.689-1.694. (2000).
- Piper P.N., Ortiz-Calderon C., Holyoak C., Coote P.O., Cole M. (1997) Hsp30, the integral plasma membrane heat-shock in *Saccharomyces cerevisiae*, is a stress inducible regulator of plasma membrane H⁺-ATPase. *Cell Stress Chaperones* 2:12–24
- Piper P.W. (1995) The heat shock and ethanol stress responses of yeast exhibit extensive similarity and functional overlap. *FEMS Microbiol Lett* 134:121–127
- Poitrat E (1999) The potential of liquid biofuels in France. *Renewable Energy* 16: 1084-1089. Prakash R, Henham A, Bhat IK (1998) Net energy and gross pollution from bioethanol production in India. *Fuel* 77: 1629-1633.
- Preziosi Belloy L., Nolleau V., Navarro J.M. (2000). Xylitol production from aspenwood hemicellulose hydrolysate by *Candida guilliermondii*. *Biotechnol. Lett.* 22, 239-243.
- Preziosi-Belloy L., Nolleau V., Navarro J.M. (1997). Fermentation of hemicellulosic sugars and sugar mixtures to xylitol by *Candida parapsilosis*. *Enzyme Microb.Technol.* 21, 124-129.

- Ramírez, A., Un proyecto que abre camino: Etanol con amplias posibilidades en el país. Disponible en internet: www.fendinal.org.co/revista-laestación.htm
- Ranatunga T., Jervis J., Helm R.F., McMillan J.D. Wooley R.J. (2000). The effect of overliming on the toxicity of dilute acid pretreated lignocellulosics: the role of inorganics, uronic acids and ether-soluble organics. *Enzyme Microb. Technol.* 27, 240-247.
- Ranatunga T.D., Jarvis J., Helm R.F., McMillan J.D., Hatzis C. (1997) Identification of inhibitor components toxic towards *Zymomonas mobilis* CP4 (pZB5) xylose fermentation. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 67:185–198
- Ranatunga T.D., Jarvis J., Helm R.F., McMillan J.D., Wooley RJ (2000) The effect of overliming on the toxicity of dilute acid pretreated lingocellulosics: the role of inorganics, uronic acids and ether-soluble organics. *Enzyme. Microb. Technol.* 27:40–247
- Ranganathan S., Macdonald D.G., Bakhshi N.N. (1985). Kinetic studies of wheat straw hydrolysis using sulphuric acid. *Can. J. Chem. Eng.* 63, 840-844.
- Rezzoug SA, Capart R (1996) Solvolysis and hydrotreatment of wood to provide fuel. *Biomass Bioenerg.* 11: 343-352.
- Riera F.A., Álvarez R., Coca J. (1988). Aprovechamiento integral de residuos agrícolas. *Ing. Quím.* 20 (228), 135-144.

- Rivers DB, Emert GH (1988) Factors affecting the enzymatic hydrolysis of bagasse and rice straw. *Biol. Waste.* 26: 85-95.
- Roberto I.C., de Mancilha I.M., de Souza C.A., Felipe M.G.A., Sato S., de Castro H.F. (1994). Evaluation of rice straw hemicellulose hydrolysate in the production of xylitol by *Candida guilliermondii*. *Biotechnol. Lett.* 16, 1211-1216.
- Roberto I.C., Felipe M.G.A., de Mancilha I.M., Vitolo M., Sato S., da Silva S.S. (1995a). Xylitol production by *Candida guilliermondii* as an approach for the utilization of agroindustrial residues. *Bioresour. Technol.* 51, 255-257.
- Roberto I.C., Felipe M.G.A., Lacis L.S., Silva S. (1991). Utilization of sugar cane bagasse hemicellulosic hydrolyzate by *Candida guilliermondii* for xylitol production. *Bioresour. Technol.* 36 , 271-275.
- Roberto I.C., Sato S., de Mancilha I.M., Taqueda M.E.S. (1995b). Influence of media composition on xylitol fermentation by *Candida guilliermondii* using response surface methodology. *Biotechnol. Lett.* 17, 1223-1228.
- Rodrigues A., Morais M., Madeira A. (1992). Effects of acetic acid on the temperature range of ethanol tolerance in *Candida shehatae* growing on D xylose. *Biotechnol. Lett.* 14, 1181-1186.

- Rodrigues D.C.G.A., Silva S.S., Felipe M.G.A. (1998). Using response surface methodology to evaluate xylitol production by *Candida guilliermondii* by fed batch process with exponential feeding rate. *J. Biotechnol.* 62, 73-77.
- Rodríguez J.J., García F., Cordero T. (1990). Posibilidades de aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos. *Ing. Quím.* 22 (254), 191-197.
- Rodríguez-Chong A, Ramírez JA, Garrote G, Vázquez M (2004) Hydrolysis of sugar cane bagasse using nitric acid: a kinetic assessment. *J. Food Eng.* 61: 143-152.
- Rogers P.L., Lee K.J., Tribe D.E. (1996) Kinetics of alcohol production by *Zymomonas mobilis* at high sugar concentrations. *Biotechnol Lett* 1:165–170 *Metabolic Engineering* 2, 69–77
- Rolla G., Scheie A.A., Assev S. (1987). Plaque formation and plaque inhibition. *Deutsch Zahnärztl Zeitung* 42, 39-41.
- Rosillo-Calle F, Cortez L (1998) Towards Proalcool II - a review of the brazilian ethanol programme. *Biomass Bioenerg.* 14: 115–124.
- Rosillo-Calle F, Hall DO (1987) Brazilian Alcohol: Food versus Fuel? *Biomass* 12: 97-128.
- Rubio M., Tortosa J.F., Quesada J., Gómez D. (1998). Fractionation of lignocellulosics. Solubilization of corn stalks hemicelluloses by autohydrolysis in aqueous medium. *Biomass Bioenerg.* 15, 483-491.

- Rugg, B., Armstrong, P., Dreiblatt, A. & Wise, D. L. (1983). Liquid fuel and chemicals from cellulosic residues by acid hydrolysis. *Liquid Fuel Developments*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 139-158.
- Saeman J.F. (1945). Hydrolysis of cellulose and decomposition of sugars in dilute acid at high temperature. *Ind. Eng. Chem.* 37, 43-52.
- Saha B.C. (2003). Hemicellulose bioconversion. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 30, 279 -291.
- Sánchez B., Bautista J. (1988). Effects of furfural and 5 hydroxymethylfurfural on the fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* and biomass production from *Candida guillierimondii*. *Enzyme Microb. Technol.* 10, 315–318.
- Sánchez OJ, Cardona CA (2005) Producción biotecnológicas de alcohol carburante II: Integración de procesos. *Interciencia* 30: 679-686.
- Sánchez P. (1990). Procédé de production de sirop de xylose par hydrolyse acide de sorgho. Tesis Doctoral. Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Sánchez S., Bravo V., Castro E., Moya A., Camacho F. (2002). The fermentation of mixtures of D-glucose and D-xylose by *Candida shehatae*, *Pichia stipitis* or *Pachysolen tannophilus* to produce ethanol. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 77, 641-648.

- Sánchez S., Moya M., Castro E., Moya A.J., Romero M.I., Bravo V., Camacho F. (1996). Acid hydrolysis of the waste from pruning of the olive tree. En: Biomass for Energy and the Environment. Chartier P., Ferrero G.L., Henius U.M., Hultberg S., Sachau J., Wiinblad M. (Eds.), Elsevier Science, Oxford, Vol. 3, p. 1555.
- Sauer U. 2001. Evolutionary engineering of industrially important microbial phenotypes. *Adv Biochem Eng Biotechnol* 73:129 – 170.
- Sauer U., Hatzimanikatis V., Hohmann H-P., Manneberg M., van Loon APGM., Bailey JE. 1996. Physiology and metabolic fluxes of wildtype and riboflavin-producing *Bacillus subtilis*. *Appl Environ Microbiol* 62:3687 – 3696.
- Sawada T., Nakamura Y., Kobayashi F. (1995). Effects of fungal pretreatment and steam explosion pretreatment on enzymatic saccharification of plant biomass. *Biotechnol. Bioeng.* 48, 719-724.
- Scheel, H.J., Historical aspects of crystal growth technology, *Journal of crystal growth*, 211, 1-12 (2000).
- Schell DJ, Farmer J, Newman M, McMillan JD (2003) Dilute-sulfuric acid pre-treatment of corn stover in pilot-scale reactor. Investigation of yields, kinetics, and enzymatic digestibilities of solids. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 105: 69-85.
- Schneider H., Wang P.Y., Chan Y.K., Maleszka R. (1981). Conversion of D-xylose into ethanol by *Pachysolen tannophilus*. *Biotechnol. Lett.* 3, 89-92.

- Sharma S.K., Kalra K.L., Grewal H.S. (2002a). Enzymatic saccharification of pretreated sunflower stalks. *Biomass Bioenerg.* 23, 237-243.
- Sharma S.K., Kalra K.L., Grewal H.S. (2002b). Fermentation of enzymatically saccharified sunflower stalks for ethanol production and its scale up. *Bioresour. Technol.* 85, 31-33.
- Sheehan J, Himmel M (1999) Enzymes, energy, and the environment: A strategic perspective on the U.S. Department of Energy's research and development activities for bioethanol. *Biotechnol. Prog.* 15: 817-827.
- Shirasaka, Y., Ishibashi, H., Etoh, H., Michiki, H., Miya kawa, H. & Moriyama, S. (1989). An integrated ethanol process based on advanced enzyme, fermentation, and ethanol recovery technologies. *Energy from Biomass and Waste XIII*, Institute of Gas Technology, Chicago, pp. 1311-1327.
- Silva C.J.S.M., Roberto I.C. (1999). Statistical screening method for selection of important variables on xylitol biosynthesis from rice straw hydrolysate by *Candida guilliermondii* FTI 20037. *Biotechnol. Techniques* 13, 743-747.
- Silva C.J.S.M., Roberto I.C. (2001). Optimization of xylitol production by *Candida guilliermondii* FTI 20037 using response surface methodology. *Process Biochem.* 36, 1119-1124.

- Silva S.S., Felipe M.G.A., Silva J.B.A., Prata A.M.R. (1998). Acid hydrolysis of Eucalyptus grandis chips for microbial production of xylitol. *Process Biochem.* 33, 63-67.
- Skoog K., Hahn-Hägerdal B. (1988). Xylose fermentation. *Enzyme Microb. Technol.* 10, 66-80.
- So K.S., Brown R.C. (1999). Economic analysis of selected lignocellulose-to-ethanol conversion technologies. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 77-79, 633-640.
- Söderström J, Pilcher L, Galbe M, Zacchi G (2003) Two-step steam pretreatment of softwood by dilute H₂SO₄ impregnation for ethanol production. *Biomass Bioenerg.* 24: 475-486.
- Sonderegger M. et al. *Fermentation Performance of Engineered and Evolved Xylose-Fermenting Saccharomyces cerevisiae Strains* 2004 Wiley InterScience
- Sonderegger M., Jeppsson M., Hahn-Hägerdal B., Sauer U. 2004. The molecular basis for anaerobic growth of *Saccharomyces cerevisiae* on xylose investigated by global gene expression and metabolic flux analysis. *Appl Environ Microbiol* 70:2307 – 2317.
- Sonderegger M., Sauer U. 2003. Evolutionary engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for anaerobic growth on xylose. *Appl Environ Microbiol* 69:1990 – 1998.
- South CR, Hogsett DA, Lynd LR (1993) Continuous fermentation of cellulosic biomass to ethanol. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 39/40: 587-600.

- Sreenath H.K., Jeffries T.W. (2000). Production of ethanol from wood hydrolyzate by yeasts. *Bioresour. Technol.* 72, 253-260.
- Stankovic L., Kovacovska R. (1991). Production of alditols from D-xylose by yeasts. *Folia Microbiol.* 36, 542-548.
- Stanley G.A., Douglas N.G., Every E.J., Tzanatos T., Pamment N.B. (1993). Inhibition and stimulation of yeast growth by acetaldehyde. *Biotechnol. Lett.* 15, 1199- 1204.
- Stenberg K., Tengborg C., Galbe M., Zacchi G. (1998). Optimisation of steam pretreatment of SO₂-impregnated mixed softwoods for ethanol production. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 71, 299-308.
- Sun Y, Cheng J (2002) Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technol.* 83: 1-11.
- Sun Y., Cheng J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresour. Technol.* 83, 1-11.
- Szitkai, Z., Lelkes, Z., Rev, E. y Fonyo, Z., Optimization of hybrid ethanol dehydration systems. *Chemical Engineering and Processing.* Vol. 41. págs. 631-646. (2002).
- Taherzadeh M.J. (1999). Ethanol from lignocellulose: Physiological effects of inhibitors and fermentation strategies. Tesis Doctoral. Chalmers University of Technology. Göteborg.

- Teixeira LC, Linden JC, Schroeder HA (1999) Optimizing peracetic acid pretreatment conditions for improved simultaneous saccharification and co-fermentation (SSCF) of sugar cane bagasse to ethanol fuel. *Renew. Energ.* 16: 1070-1073.
- Téllez Luis S.J., Ramírez J.A., Vázquez M. (2002). Mathematical modelling of hemicellulosic sugar production from sorghum straw. *J. Food Eng.* 52, 285- 291.
- Tengerdy RP, Szakacs G (2003) Bioconversion of lignocellulose in solid substrate fermentation. *Biochem. Eng. J.* 13: 169-179.
- Thatipamala R., Rohani S., Hill G.A. (1992). Effects of high product and substrate inhibitions on the kinetics and biomass and product yields during ethanol batch fermentation. *Biotechnol. Bioeng.* 40, 289-297.
- Thomas V, Kwong A (2001) Ethanol as a lead replacement: phasing out leaded gasoline in Africa. *Energ. Policy* 29: 1133–1143.
- Titmas JA (1999) Apparatus for hydrolyzing cellulosic material. Patent US5879637.
- Trinder P. (1969). Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Ann. Clin. Biochem.* 6, 24-27.
- Tsuyumoto, M., Teramoto, A. y Meares, P., Dehydration of ethanol on a pilot plant scale, using a new type of hollow-fiber membrane. *Journal of Membrane Science.* Vol. 133. p. 83-94. (1997).

- Van Es A.J.H., Van der Meer J.M. (1980). Methods of analysis for predicting the energy and protein value of feeds for farm animals. Proc. 31st Annual Meeting EAAP. Munich.
- Van Rosmalen, G.M., Bermingham, S., Bruinsma, D., Kramer, H., Derenzo, S., Seckler, M., Rê, M.I., Cekinski, E., Giulietti, M., Lectures on Industrial Crystallization and Precipitation, IPT, TUDefelt (2003).
- Van Soest P.J., Wine R.H. (1967). Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. IV. Determination of Plant Cell-Wall Constituents. J. Assoc. Off. Agric. Chem. 50, 50-55.
- Van Zyl C., Prior B.A., du Preez J.C. (1988). Production of ethanol from sugar cane bagasse hemicellulose hydrolysate by *Pichia stipitis*. Appl. Biochem. Biotechnol. 17, 357-369.
- Van Zyl C., Prior B.A., du Preez J.C. (1991). Acetic acid inhibition of D-xylose fermentation by *Pichia stipitis*. Enzyme Microb. Technol. 13, 82-86.
- Walfridsson M., Anderlund M., Bao X., Hahn-Hagerdal B. 1997. Expression of different levels of enzymes from the *Pichia stipitis* XYL1 and XYL2 genes in *Saccharomyces cerevisiae* and its effects on product formation during xylose utilisation. Appl Microbiol Biotechnol 48: 218 – 224.
- Wayman M., Parekh S. (1985). Ethanol and sugar tolerance of *Candida shehatae*. Biotechnol. Lett. 7, 909-912.

- Wendhausen R, Fregonesi A, Moran P, Joekes I, Augusto J, Rodrigues R, Tonella E, Althoff K (2001) Continuous fermentation of sugar cane syrup using immobilized yeast cells. *J. Biosci. Bioeng.* 91: 48-52.
- Wheals A, Basso L, Alves D, Amorim H (1999) Fuel ethanol after 25 years. *TIBTECH* 17: 482-487.
- Wilson J.J., Deschatelets L., Nishikawa N.K. (1989). Comparative fermentability of enzymatic and acid hydrolysates of steam-pretreated aspenwood emicellulose by *Pichia stipitis* CBS 5776. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 31, 592-596.
- Winkelhausen E., Kuzmanova S. (1998). Microbial conversion of D xylose to xylitol. *J. Ferment. Bioeng.* 86, 1-14.
- Woehrer W., Roehr M. (1981). Regulatory aspects of bakers-yeast metabolism in aerobic fed-batch cultures. *Biotechnol. Bioeng.* 23, 567-581.
- Wood B.E., Aldrich H.C., Ingram L.O. (1997). Ultrasound stimulates ethanol production during the simultaneous saccharification and fermentation of mixed waste office paper. *Biotechnol. Prog.* 13, 232-237.
- Wooley R, Ruth M, Sheehan J, Ibsen K, Majdeski H, Gálvez A (1999) Lignocellulosic biomass to ethanol process design and economics utilizing co-current dilute acid prehydrolysis and enzymatic hydrolysis. Current and futuristic scenarios. National Renewable Energy Laboratory. Golden, CO, EEUU. 123 pp.

- Wyman CE, Spindler DD, Grohmann K (1992) Simultaneous saccharification and fermentation of several lignocellulosic feedstocks to fuel ethanol. *Biomass Bioenerg.* 3: 301-307.
- Wyman, C. E. & Hinman, N. D. (1990). Ethanol: fundamentals of production from renewable feedstocks and use as a transportation fuel. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 24/25, 735-753.
- Xu J., Taylor K.B. (1993). Characterization of ethanol production from xylose and xylitol by a cell free *Pachysolen tannophilus* system. *Appl. Environ. Microbiol.* 59, 231-235.
- Yu Z, Zhang H (2003) Pretreatments of cellulose pyrolysate for ethanol production by *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia* sp. YZ-1 and *Zymomonas mobilis*. *Biomass Bioenerg.* 24: 257-262.
- Zacchi G., Skoog K., Hahn-Hägerdal B. (1988). Economic evaluation of enzymatic hydrolysis of phenol-pretreated wheat straw. *Biotechnol. Bioeng.* 32, 460- 466.
- Zaldivar J., Borges A., Johansson B., Smits HP., Villas-Boas S.G., Nielsen J., Olsson L. 2002. Fermentation performance and intracellular metabolite patterns in laboratory and industrial xylose-fermenting *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl Microbiol Biotechnol* 59:436 – 442.
- Zaldivar J., Nielsen J., Olsson L. 2001. Fuel ethanol production from lignocellulose: a challenge for metabolic engineering and process integration. *Appl Microbiol Biotechnol* 56:17 – 34.

- Zhang Y.X., Perry K., Vinci V.A., Powell K., Stemmer W.P., del Cardayre SB. 2002. Genome shuffling leads to rapid phenotypic improvement in bacteria. *Nature* 415:644 – 646.
- Zhang YHP, Lynd LR (2004) Toward an aggregated understanding of enzymatic hydrolysis of cellulose: Noncomplexed cellulose systems. *Biotechnol. Bioeng.* 8: 797-882.
- Zhigang, L., Hongyou, W., Rongqi, Z. y Zhanting, D., Influence of salt added to solvent on extractive distillation. *Chemical Engineering Journal.* Marzo p. 149-156, (2002).

8.3 RECURSOS WEB

- www.ethanol.org/
- www.eere.energy.gov/afdc/altfuel/ethanol.htm
- www1.eere.energy.gov/biomass/ethanol.html
- www.e85fuel.com/
- www.ethanolfacts.com/
- www.ncga.com/ethanol/main/index.asp
- www.ethanolmarketplace.com/
- www.biocombustibles.es/bioetanol.htm
- www.abengoabioenergy.com/bioethanol/index
- www.biocarburante.com/category/bioetanol/
- www.aaronequipment.com/

8.4 ÍNDICE DE FIGURAS

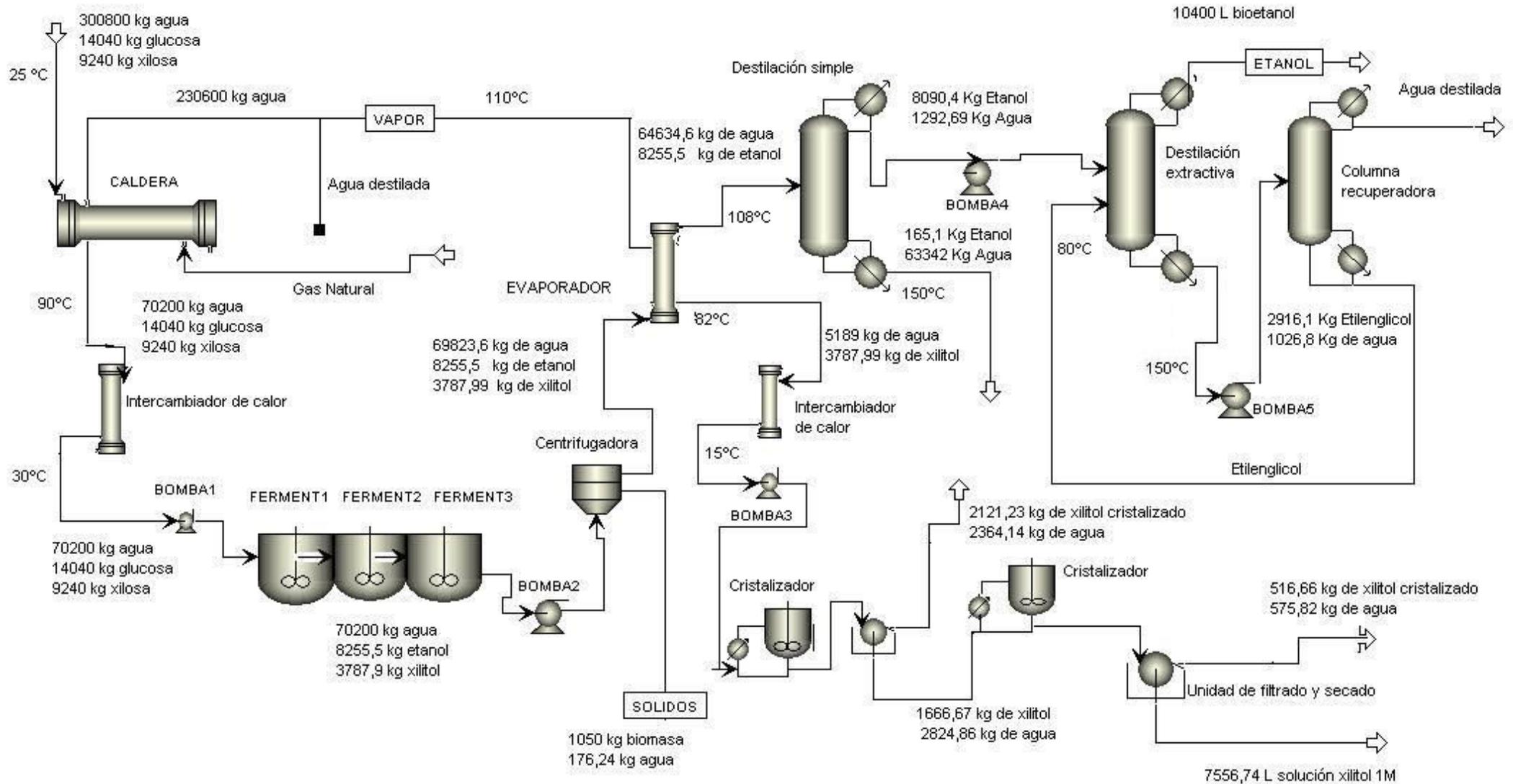
Figura 1 Emisiones contaminantes.	15
Figura 2 Datos 2006	20
Figura 3 Datos 2006.	20
Figura 4 Fermentadores	21
Figura 5 Datos 2006.	22
Figura 6 Datos 2006.	23
Figura 7 Posibilidad de aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos	25
Figura 8.- Comparación de la situación del sector de biocarburantes en 2004 y previsiones para alcanzar los objetivos del PER en 2010 por Comunidades Autónomas.	34
Figura 9 Materia prima para la obtención de bioetanol	38
Tabla 10 Superficies de cultivos de girasol en la unión europea en miles de ha.	39
Tabla 11 Producción de semillas de girasol en la unión europea	40
Figura 12. Composición de residuos lignocelulósicos	42
Figura 13. Estructura de la celulosa	44
Figura 14. Esquema de un arabinoxilano típico de cereales	45
Figura 14b. Esquema de la molécula de lignina.	47
Figura 15 Fórmula del xilitol	49
Figura 16 Tecnología para la producción de xilitol	50
Tabla 17 Producción de xilitol por microorganismos a partir de azúcar puro.	51
Figura 17. Reacción de conversión de azúcares a etanol	54
Figura 18.a. Métodos de pretratamiento (I).	58
Figura 18.b. Métodos de pretratamiento (II).	59
Figura 19 Hidrólisis ácida para distintos sustratos y fermentación	66
Figura 20 Soluciones para aumentar la productividad en etanol	68
Tabla 21 Comparación de sistemas de producción de etanol	69
Tabla 22 Producción de etanol con <i>S. Cerevisiae</i> en diversos sistemas	70
Figura 23 Destilación a vacío	72
Figura 24. Destilación azeotrópica	73
Figura 25. Destilación extractiva	74
Figura 26. Sistema de tamices moleculares	76
Figura 27. Pervaporación	77
Figura 28 Diagrama de procesos híbridos	79
Figura 29 Vista aérea europa	79
Figura 30 Vista aérea andalucía	82
Figura 32 Vista aérea de la parcela en el polígono de " Las Aletas "	83
Figura 33 Tanque de Gas Natural	84
Figura 34 Distribución de equipos en planta	91
Figura 35 Esquema de un quemador de la caldera	93
Figura 36 Envolverte de la caldera	94
Figura 37 Microorganismos modificados genéticamente	95
Figura 38 Diferentes cepas utilizadas en el estudio	96
Figura 39 Cinética del microorganismo seleccionado	98
Figura 40 Rendimientos de la conversión de residuos lignocelulósicos en etanol	100
Figura 41 Tanques de fermentación	102
Figura 42 Esquema de un fermentador	109
Figura 43 Operario colocando el aislamiento	110
Figura 44 Sistema de refrigeración	111
Tabla 45. Resultados de la cristalización del xilitol	116
Figura 46 Columna de destilación	120
Figura 47 Equilibrio etanol-agua-etilenglicol	123
Figura 48. Estructura del sistema de control	139

Parte II
CÁLCULOS

ÍNDICE

<i>ÍNDICE</i>	210
1. DISEÑO DE LA CALDERA	213
1.1 CÁLULO DEL ESPESOR DE LOS TUBOS	215
2. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR A LA SALIDA DE LA CALDERA	217
3. DISEÑO DE LOS TANQUE DE FERMENTACION	220
3.1 CÁLCULOS GEOMÉTRICOS DEL TANQUE	220
3.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES DEL TANQUE.	220
3.3 PATAS DE APOYO	227
3.4 EFECTO DEL VIENTO SOBRE LOS RECIPIENTES	227
3.5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LOS TANQUES DE FERMENTACION	230
3.6 SISTEMA DE AGITACION DE LOS TANQUE DE FERMENTACIÓN	234
3.7 DISEÑO DE LOS TANQUES EXISTENTES EN LA PLANTA DE PROCESO	237
4. DISEÑO DE LA COLUMNAS DE DESTILACIÓN	239
4.1 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES DE LAS COLUMNAS	245
4.2 PATAS DE APOYO	251
4.3 EFECTO DEL VIENTO SOBRE LAS COLUMNAS	251
4.4 DISEÑO DE LOS PLATOS	254

5. RED DE TUBERIAS	259
5.1 CÁLCULO DEL ESPESOR	260
5.2 COMPROBACIÓN DEL ESPESOR	263
5.3 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LAS BOMBAS	266
6. DISEÑO DEL EVAPORADOR	274
7. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR A LA SALIDA DEL EVAPORADOR	278
8. DISEÑO DE LOS CRISTALIZADORES	280



1. DISEÑO DE LA CALDERA

Debido a la gran cantidad de agua que viene con la corriente de entrada en nuestra planta de proceso, es necesario la instalación de una caldera que por un lado elimine una parte del agua para su mejor manejo y evitar así la utilización de grandes volúmenes, y por otro lado , se concentra así el contenido tanto de glucosa como xilosa y obtener así una mayor eficacia en la fermentación.

La caldera va a consistir fundamentalmente en ocho tubos colocados radialmente, en cuyo centro se van a situar una serie de quemadores, los cuales van a proporcionar el calor necesario para la evaporación de parte del agua.

Los tubos van a tener las siguientes características geométricas:

- Longitud: 10 m
- Diámetro: 0,16 m

La velocidad a la que la corriente va a pasar por los tubos será de 1 m/s, conociendo la velocidad y la sección de la tubería, podemos calcular el caudal necesario:

$$Q = V \cdot S = V \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 1 \cdot \frac{\pi \cdot (0,16)^2}{4} = 72,38 \text{ m}^3 / \text{h}$$

El caudal para los 8 tubos, será por lo tanto de $Q = 579 \text{ m}^3 / \text{h}$

El tiempo necesario para que pase la corriente de entrada de nuestra planta que es de $300,8 \text{ m}^3$, con el caudal antes obtenido es de 31,16 minutos.

Para obtener una concentración de 200 g/L de glucosa en la corriente, la cantidad de agua que hay que evaporar es de 230600 kg, así, el caudal másico será la cantidad de agua necesaria a evaporar dividido entre el tiempo que tarda la corriente en pasar por la caldera, el calor necesario aportar viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

siendo:

- Q = potencia calorífica (kcal/min)
- m = caudal másico (kg/min)
- C_p = capacidad calorífica (cal/g · °C)
- ΔT = incremento de temperatura (°C)

Sustituyendo, obtenemos

$$Q = \frac{230600}{31,16} \cdot 1 \cdot (110 - 25) = 629043,64 \text{ kcal / min}$$

Conociendo la necesidad calorífica, podemos calcular la cantidad de gas natural necesario para llevar a cabo la evaporación.

La cantidad de gas natural a quemar viene dado por la expresión:

$$m_c \cdot PCI = Q_{\text{aportar}}$$

siendo:

- m_c: caudal de combustible necesario (Nm³)
- PCI: Poder calorífico inferior del combustible (kcal/ Nm³)
- Q_{aportar}: Calor requerido (kcal/ min)

Conociendo que el PCI del Gas Natural es de 9300 kcal/ Nm³ y el calor que es necesario aportar, el combustible necesario será:

$$m_c = \frac{Q_{\text{aportar}}}{PCI} = \frac{629043,64}{9300} = 67,64 \text{ Nm}^3 / \text{min}$$

Como el tiempo necesario para que se evapore el agua es de 31,16 minutos, la cantidad de gas natural a disponer diariamente para el suministro de la caldera será de 2107,63 Nm³.

1.1 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LOS TUBOS

Para conocer el valor del espesor mínimo de tuberías de la instalación utilizamos la siguiente expresión:

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot Y)}$$

Figura 1 Fórmula del espesor de tuberías
Fuente: Anexo gráfico

Los datos que se necesitan para calcular el espesor son los que a continuación se muestran:

- Tensión admisible del material

Conocida la temperatura de diseño, 113 °F, y el tipo de material, A 285 Gr. C, según la Norma ASME B31.3 – 2002, sabemos que la tensión máxima admisible es de 18300 psi.

- Eficiencia de la soldadura

El factor de calidad de la soldadura, teniendo en cuenta que se trata de una soldadura a tope simple, según la Norma ASME B31.3 (Apéndice A, tabla de materiales ASTM), es de 0.8.

- Coeficiente Y

Conocidos el tipo de material y la temperatura de diseño, según la Norma ASME B31.1, el coeficiente Y tiene el valor de 0.4.

- Presión de diseño

La presión a la que va a trabajar la caldera será como mínimo 1,2 atm, por eso los tubos de la caldera se diseñaran para soportar una presión de 3,5 kg/cm².

Teniendo en cuenta todos estos factores, el espesor de los tubos será:

$$t_{\text{total}} = t + t_{\text{corrosión}} = 0,01 + 0,118 = 0,128 \text{ in}$$

2. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR A LA SALIDA DE LA CALDERA

La alta temperatura a la que se ha sometido la corriente de entrada, hace necesario la necesidad de enfriar dicha corriente para alcanzar las condiciones optimas de la fermentación. Dicho enfriamiento lo vamos a realizar mediante un intercambiador de calor, en la cual vamos a tener la corriente de entrada a los fermentadores a una temperatura de 30 °C y el fluido refrigerante, en este caso agua, lo vamos a elevar hasta una temperatura de 70 °C que se podrá utilizar para las necesidades de calefacción.

La temperatura de salida de la corriente líquida de la caldera, que es la alimentación de la etapa de fermentación, será la siguiente:

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_f - T_o)$$

$$T = \frac{Q}{m \cdot C_p} + 25 = \frac{629043,64}{9653,4 \cdot 1} + 25 = 90,16^\circ C$$

Las temperaturas de las corrientes del intercambiador serán entonces las siguientes:

Fluido caliente:	Fluido refrigerante:
Tª entrada: 90,16 °C	Tª entrada: 15 °C
Tª salida: 30 °C	Tª salida: 70 °C

El calor necesario retirar por el refrigerante viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q = 24,12 \text{ (kg/s)} \cdot 1 \text{ (kcal / kg } \cdot \text{ }^\circ\text{C)} \cdot (30 - 90,16) = \\ = - 1451 \text{ kcal / s} = - 6071,13 \text{ kW}$$

Según la tabla situada del anexo gráfico, un valor aproximado del coeficiente global de transmisión de calor para un intercambiador fluido-fluido es del orden de 800 a 2500 W / m² · K.

Por lo tanto, podemos suponer que nuestro intercambiador va a tener un coeficiente global de transmisión de calor de 2100 W / m² · K

Podemos calcular el área del intercambio de calor conociendo las temperaturas tanto de entrada y de salida de las corrientes y el coeficiente global de transmisión de calor, mediante la expresión:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T_{ml}$$

siendo:

- Q = Calor a intercambiar (kW)
- A = Área de intercambio de calor (m²)
- U = Coeficiente global de transmisión de calor (W / m² · K)
- ΔT_{ml} = Incremento de temperatura medio logarítmico (K)

Este ultimo factor, tiene la siguiente expresión:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{c,e} - T_{f,s}) - (T_{c,s} - T_{f,e})}{\ln\left(\frac{T_{c,e} - T_{f,s}}{T_{c,s} - T_{f,e}}\right)}$$

Sustituyendo los valores de las temperaturas, obtenemos:

$$\Delta t_{ml} = 17,45 \text{ K}$$

Despejado el área, de la expresión anterior, obtenemos:

$$A = 165,67 \text{ m}^2$$

Las características geométricas del intercambiador son:

Longitud: 5 m

Diámetro de los tubos: 0,1 m

El intercambiador va a ser de dos pasos, a contracorriente y compuesto por 55 tubos, así el área de intercambio de calor será:

$$A_t = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 0,05 \cdot 10 = 3,146 \text{ m}^2 / \text{tubo}$$

El área total de intercambio de calor será:

$$A = 55 \cdot A_t = 55 \cdot 3,146 = 173 \text{ m}^2$$

3. DISEÑO DE LOS TANQUES DE FERMENTACION

3.1 CÁLCULOS GEOMÉTRICOS DEL TANQUE

Los tanques de fermentación consistirán en tanques cilíndricos con cabezales en sus extremos, así pues, las características geométricas que van a presentar los tanques son:

Volumen de trabajo: 25 m³

Volumen (20% seguridad): 30 m³

Las relaciones geométricas que vamos a utilizar para el calculo de la geometría de los tanques de fermentación son las siguientes:

$$V = \pi \frac{D^2}{4} H$$

Suponiendo que los tanques van a tener un diámetro de 2,5 m, teniendo en cuenta la relación aproximada que se aconseja de 1:3 según (Perry) la altura de los tanques será de:

$$H = 6,5 \text{ m}$$

3.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES DEL TANQUE.

Datos de diseño.

Tensión máxima admisible (S): Si los recipientes a presión se calculan con unos espesores de pared capaces de soportar sin deformación la presión a la que se verán sometidos, es decir, que la presión a la que trabaja el material sea inferior a la máxima tensión admisible del mismo. Esta tensión depende de las características del material y del coeficiente de seguridad que adopte, variando con la temperatura de trabajo.

Según el código ASME, la máxima tensión admisible (S) a la temperatura de diseño es el mínimo de los siguientes valores:

Para la fabricación del tanque, usaremos acero inoxidable AISI 316L, que tiene las siguientes características:

$$\sigma_{\text{elas.}} = 38000 \text{ p.s.i.}$$

$$\sigma_{\text{rot.}} = 80000 \text{ p.s.i.}$$

El código A.S.M.E. dice que el esfuerzo máximo admisibles:

Para la virola sometida a más presión:

$$(3/8)\sigma_{\text{rot.}} = 30.000 \text{ p.s.i.}$$

$$(2/3)\sigma_{\text{elas.}} = 25.333 \text{ p.s.i.}$$

Para el resto de virolas:

$$(2/5)\sigma_{\text{rot.}} = 32.000 \text{ p.s.i.}$$

$$(2/3)\sigma_{\text{elas.}} = 25.333 \text{ p.s.i.}$$

Por lo tanto el esfuerzo máximo admisible es

$$S = 25.333 \text{ p.s.i.}$$

Eficiencia de la soldadura (E): la unión entre chapas se realiza, normalmente, por medio de la soldadura, y ésta representa una discontinuidad dentro del trazado de chapa que puede producir una intensificación local de las tensiones a las que se encuentra sometido el material. Esta razón, junto con la posibilidad de producirse defectos en la realización de la soldadura, dan pie a considerar a la zona de soldadura como debilitada.

Teniendo en cuenta este hecho, en el cálculo de los recipientes se introduce una reducción en la tensión máxima admisible multiplicando ésta por un coeficiente denominado eficiencia de la soldadura (E), cuyo valor varía según la norma, y de acuerdo con el tipo de soldadura, localización y nivel radiográfico efectuado sobre ella. En el anexo se incluyen las tablas necesarias para aplicar este coeficiente E y el valor de S en función de estos factores.

Para soldaduras tipo 1, es decir, juntas a tope hechos por doble cordón de soldadura, o por otro medio, con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre la superficie interior y exterior de la pieza los valores de E son de:

E = 1,0 para estudio radiográfico completo.

E = 0,85 para radiografías por zonas o puntual.

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de enorme importancia, para lo cual se necesita definir una secuencia lógica para la selección de éstos. En la selección y evaluación de los materiales, tanto para tanques como para tuberías y accesorios, se deben considerar principalmente los siguientes aspectos:

- Coste de material y de su mantenimiento e inspección
- Duración estimada del material
- Confiabilidad del material
- Disponibilidad del material

Espesor mínimo de pared (t_{\min}): es el espesor mínimo fijado para la envolvente y los fondos, excluido el sobreespesor por corrosión, será el mayor de los siguientes valores:

$$t_{\min} = 2,5 + c \text{ (mm) (Exigido por el código ASME)}$$

$$t_{\min} = D_{\text{int}}/1000 + 2,54 + c \text{ (mm)}$$

$$t_{\min} = 5 + c \text{ (mm), para aceros al carbono}$$

$$t_{\min} = 3 \text{ (mm), para aceros inoxidable.}$$

La presión de operación será de una atmósfera, dando un diez por ciento de seguridad, la presión de operación será de $1,1 \text{ atm} \approx 16,1656 \text{ p.s.i.}$

Según el código ASME sección VIII, la presión mínima de diseño ha de ser el mayor de estos tres valores:

$$P \geq 1,1 \times P_{\text{operación}} \text{ (kg/cm}^2 \text{)}$$

$$P \geq P_{\text{operación}} + 2 \text{ (kg/cm}^2 \text{)}$$

$$P \geq 3,5 \text{ (kg/cm}^2 \text{)}$$

Por lo tanto, en este caso, se tomará la presión de diseño como $3,5 \text{ kg/cm}^2$.

En unidades en el sistema americano:

$$P_{\text{dis}} = 49,78 \text{ p.s.i.}$$

Temperatura de diseño (TD): debe ser superior a la máxima que se produzca durante la operación, y es habitual (a no ser que se especifique otro valor en las hojas de datos del recipiente) adoptar como temperatura de diseño el valor de:

$$T = \text{Máxima temperatura de operación} + 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

En nuestro proceso, los tanques de fermentación trabajaran a una temperatura de 30 °C, así pues, la temperatura de diseño será :

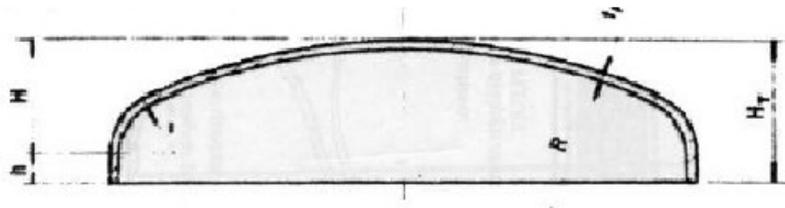
$$T = 30 \text{ °C} + 20 \text{ °C} = 50 \text{ °C}$$

La eficiencia de la junta $E=0.85$, según la norma UW-12, será junta a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio por el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.

En primer lugar, antes de iniciar el cálculo de la presión externa, definimos los parámetros que utilizaremos en las distintas expresiones. Para empezar, considerando el recipiente cilíndrico, se calcula la longitud total del recipiente mediante la siguiente expresión:

$$L = L_t + \frac{1}{3} H_1 + \frac{1}{3} H_2$$

Según las características técnicas del documento ESPECIFICACIÓN CEPESA ESP – 1101 – 01 y sabiendo que el recipiente es de fondo toriesférico tipo KLOPPER, las alturas del fondo (H_1 y H_2) son:



*Figura 2 Cabezal de un tanque a presión
Fuente: Anexo gráfico*

$$H = 0,2 \cdot D_0$$

$$h = 3,5 \cdot t_F$$

Según esta expresión, necesitamos el diámetro exterior, por lo que, se debe calcular el espesor de dicho recipiente. Esto se hace para presión interna:

- Casco

$$\text{Debido a esfuerzo longitudinal} \Rightarrow t = \frac{P \cdot R_{ic}}{2 \cdot S \cdot E + 0.4 \cdot P}$$

Donde R_{ic} es el radio interior con corrosión y la expresión para calcularlo es:

$$R_{ic} = R_i + CA = R_i + c = 49,212 + 0,1181 = 49,33 \text{ in}$$

Sabiendo que CA es el sobreespesor de corrosión, c, que vale 0.1181 in; S la tensión admisible, que tiene un valor de 25333 psi y E, la eficiencia de la soldadura, cuyo valor es de 0.85.

Por lo tanto:

$$t = \frac{49,78 \text{ psi} \cdot 49,33 \text{ in}}{(2 \cdot 25333 \text{ psi} \cdot 0,85 + 0,4 \cdot 49,78 \text{ psi})} = 0,175 \text{ in}$$

$$\text{- Debido a esfuerzo circunferencial} \Rightarrow t = \frac{P \cdot R_{ic}}{(S \cdot E - 0.6 \cdot P)}$$

$$t = \frac{49,78 \text{ psi} \cdot 49,33 \text{ in}}{(25333 \text{ psi} \cdot 0,85 + 0,6 \cdot 49,78 \text{ psi})} = 0,232 \text{ in}$$

• Cabezales

Aunque los cabezales poseen mayor resistencia debido a la relación de altura frente a diámetro, también se realiza el cálculo del espesor para asegurarnos:

$$\text{- Toriesférico} \Rightarrow t = \frac{0.885 \cdot P \cdot L_t}{S \cdot E - 0.1 \cdot P}$$

Donde L_t es la línea de tangencia y cuyo valor es 20,6 in.

$$\text{Toriesférico} \quad t = \frac{0,885 \cdot 49,78 \text{ psi} \cdot 20,6 \text{ in}}{(25333 \text{ psi} \cdot 0,85 - 0,1 \cdot 49,78 \text{ psi})} = 0,16 \text{ in}$$

Una vez calculados los espesores tomamos como espesor para el diseño el mayor de todos, como situación más desfavorable, tomando como espesor debido a esfuerzo circunferencial un valor de 0,232.

Calculando el diámetro exterior de los cabezales y la altura fina, tenemos una altura final de:

Diámetro exterior:

$$\text{(superior) } D_o = D_i + 2t \quad D_o = 98,42 + 2 \cdot 0,232 = 98,88 \text{ in}$$

$$\text{(inferior) } D_o = D_i + 2t$$

$$H = 0.2 \cdot D_o = 0.2 \cdot 98,88 = 19,785 \text{ in}$$

$$L = 236 + \frac{1}{3} \cdot 19,785 + \frac{1}{3} \cdot 19,785 = 249,19$$

3.3 PATAS DE APOYO

El reactor posee un diámetro mayor a 2,20 m, por lo que el número de apoyos será de 4. En este caso se trata de perfiles comerciales IPN de dimensiones normalizadas y de acero al carbono, que irán soldados a la carcasa mediante una placa de refuerzo soldada directamente al recipiente, que será de igual material que el recipiente. Las patas estarán igualmente espaciadas sobre el perímetro del reactor.

El perfil irá soldado a una placa cuadrangular, fijándose al suelo el conjunto mediante dos pernos de anclaje. El diámetro de los pernos será de 20mm y el de los taladros de 26mm.

3.4 EFECTO DEL VIENTO SOBRE LOS RECIPIENTES

Al igual que la presión interna o externa, el viento produce unas tensiones en las paredes del recipiente que pueden producir la inestabilidad del mismo.

Las reglamentaciones de muchos países exigen que las estructuras estén diseñadas con unos coeficientes de seguridad con respecto al viento y, los recipientes, como estructuras autoportantes, deben ajustarse a estas normativas particulares. Por otra parte se puede indicar que todas las reglamentaciones son muy parecidas diferenciándose ligeramente en los valores de algún coeficiente de los que intervienen en el cálculo.

Partiendo de la hipótesis de considerar el recipiente como una viga empotrada en el suelo (voladizo), se puede igualmente considerar que la acción del viento produce unas cargas distribuidas de forma uniforme a lo largo de toda la altura del mismo.

El valor de las cargas uniformes son función del área expuesta y de la presión que el viento ejerce sobre esta área, denominada presión de diseño o del viento. La determinación de estas cargas unitarias se lleva a cabo con la ayuda de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{D_0}{10^3} \cdot P_W$$

Q = carga debida al viento por metro lineal de altura, kg/m

D₀ = diámetro exterior del recipiente, mm

P_W = presión de diseño del viento, kg/m²

La presión de diseño P_w, es función de la presión básica del viento (p), de la forma del recipiente, de la esbeltez y de los accesorios externos del recipiente, pudiéndose concretarse todo ello en la formula:

$$P_W = p \cdot c \cdot k \cdot r$$

Siendo:

p = presión básica del viento, kg/ m²

c = factor de forma

k = coeficiente de esbeltez

r = coeficiente de accesorios.

En esta expresión aparecen distintos factores y coeficientes que se calcularán a continuación:

- **p**: es la presión básica del viento, función de la velocidad de viento y de la elevación sobre el suelo.

$$p = P_0 \cdot k_a = \left(\frac{\text{velocidad}_{\text{viento}}}{201.4} \right) \cdot k_a$$

Siendo:

P_0 = presión básica del viento a nivel del suelo,
kg/cm²

K_a = factor de altura.

La presión básica a nivel del suelo se obtiene a partir del valor de la velocidad del viento “V” tomada como referencia de velocidad máxima según la zona de instalación del tanque, que en este caso es de 120 km/h.

Como valor de factor de altura “ K_a ” se adopta el valor de 1, ya que la altura de los tanques de fermentación no superan en ningún caso los 15 m.

así pues,

$$p = \frac{120 \text{ km/h}}{210,4} \cdot 1 = 0,57 \text{ kg/m}^2$$

- **c**: es un factor de forma, función de la forma expuesta al viento. Debido a que la superficie del tanque es cilíndrica, **su valor es 0.6.**

- **k**: es un coeficiente de esbeltez, función de la relación entre la H y el diámetro exterior, D0. **Su valor es 1.**

- **r**: es un coeficiente de accesorios. **Su valor es 1.150.**

Con todos estos valores, se puede calcular la presión de diseño en función de la presión básica de diseño:

$$P_w = p \cdot c \cdot k \cdot r = 0,57 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1,151 = 0,394 \text{ kg/h}$$

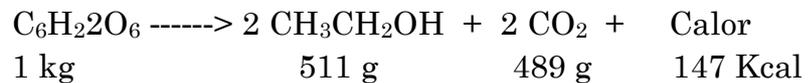
Entonces la carga unitaria debida al viento sobre los tanques de fermentación es:

$$Q = \frac{D_0}{10^3} \cdot P_w = \frac{2200}{10^3} \cdot 0,34 = 0,784 \text{ kg/m}$$

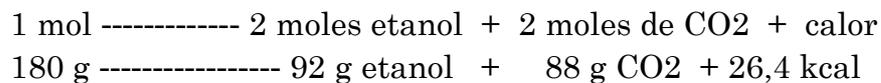
3.5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LOS TANQUES DE FERMENTACION

La generación de calor metabólico debido a la fermentación y la necesidad de mantener los tanques de fermentación a una temperatura optima para que se pueda llevar a cabo la fermentación con mayor eficacia, hace necesario la instalación de un sistema de refrigeración en los tanques de fermentación:

- generación de calor metabólico:



Si lo pasamos a moles:



Calculamos ahora el calor generado por gramo de glucosa:

$$\frac{26,4 \text{ kcal}}{180 \text{ g}_{\text{glucosa}}} = 0,1466 \text{ kcal} / \text{g}_{\text{glucosa}}$$

Una vez calculado el calor que se genera por gramo de glucosa, conociendo la velocidad de consumo de los sustratos y el volumen de reacción, podemos calcular el calor total que se genera:

- Velocidad de consumo de glucosa: 1,78 g/L · h
- Velocidad de consumo de xilosa: 0,83 g/L · h

El volumen de fermentación es: 25000 L

La velocidad de consumo será entonces:

- Velocidad glucosa = 44500 g_{glucosa}/h
- Velocidad xilosa = 20750 g_{xilosa}/h

Por tanto, suponiendo que la reacción de consumo de la xilosa produzca el mismo calor metabólico que la glucosa, el calor generado será:

$$Q_{\text{glucosa}} = 0,1466 \text{ kcal/g}_{\text{glucosa}} \cdot 44500 \text{ g}_{\text{glucosa}}/\text{h} = 6523 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{\text{xilosa}} = 0,1466 \text{ kcal/g}_{\text{glucosa}} \cdot 20750 \text{ g}_{\text{xilosa}}/\text{h} = 3041,95 \text{ kcal/h}$$

El caudal de refrigeración necesario, viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

siendo:

Q = potencia calorífica (Kcal / h)

m = caudal másico (kg / h)

C_p = capacidad calorífica (cal / g · °C)

ΔT = incremento de temperatura (°C)

Durante las primeras 112 horas, el calor generado, será el producido por el consumo de los dos sustratos:

$$Q = Q_{\text{glucosa}} + Q_{\text{xilosa}} = 6523,7 + 3041,95 = 9565,65 \text{ kcal/h}$$

así pues, el caudal de agua necesaria para la refrigeración será:

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T} = \frac{9965,65}{1 \cdot (30 - 15)} = 637,71 \text{ Kg_agua/h}$$

El sistema de refrigeración, esta compuesto por tubos de 5 mm de diámetro y 3,9 mm de espesor, entonces el numero de tubos a colocar será:

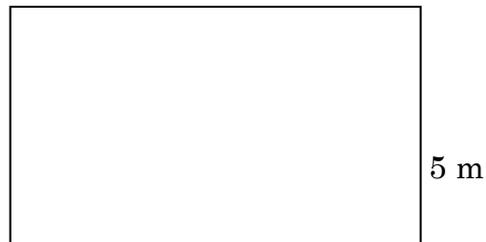
área de un tubo

7,85 m



área de refrigeración

7,85 m



$$\text{Números de tubos} = \frac{\text{área de refrigeración}}{\text{área de 1 tubo}} = 98 \text{ tubos}$$

El caudal volumétrico de refrigeración será:

$$Q_v = \frac{m}{\rho_{H_2O}} = \frac{637,71}{1000} = 0,6377m^3 / h$$

El tiempo de retención del agua en los tubos será:

$$tr = \frac{V}{Q_v} = 2,44h$$

Siendo V el volumen de los 98 tubos

$$V_{tubo} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L = 0,0159m^3$$

$$\text{Al ser 98 tubos} \Rightarrow V = 0,0159 \cdot 98 = 1,56 m^3$$

Las restantes 44 horas, el calor generado es el producido exclusivamente por el consumo de la xilosa puesto que la glucosa ha sido totalmente consumida.

El calor que produce la xilosa es $Q_{xilosa} = 3041,95 \text{ kcal / h}$

Entonces el caudal necesario ahora de refrigeración será:

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T} = \frac{3041,95}{1 \cdot (30 - 15)} = 202,79Kg \text{ _agua / h}$$

El caudal volumétrico por lo tanto será:

$$Q_v = \frac{m}{\rho} = \frac{202,79}{1000} = 0,20279m^3 / h$$

El tiempo de retención de el caudal de refrigeración será:

$$t_r = \frac{V}{Q_v} = \frac{1,56}{0,20279} = 7,692h$$

3.6 SISTEMA DE AGITACION DE LOS TANQUES DE FERMENTACIÓN

Los líquidos se agitan con mas frecuencia en tanques o recipientes, generalmente de forma cilíndrica y provistos de un eje vertical. La parte superior del tanque puede estar abierta al aire o cerrada. El fondo del tanque es redondeado y no plano, con el fin de eliminar los rincones escarpados o regiones en las que no penetrarían las corrientes de fluido. El rodete va instalado sobre un eje suspendido, es decir, un eje soportado en la parte superior. El eje esta accionado por un motor, a veces directamente conectado al eje, pero mas frecuentemente acoplado al eje a través de una caja reductora de velocidad. Generalmente lleva incorporados también accesorios tales como tubuladuras de entrada y salida, serpentines, encamisados y vainas para termómetros u otros instrumentos de medida de la temperatura.

El rodete crea un modelo de flujo en el sistema, dando lugar a que el liquido circule a través del tanque y eventualmente retorne al rodete.

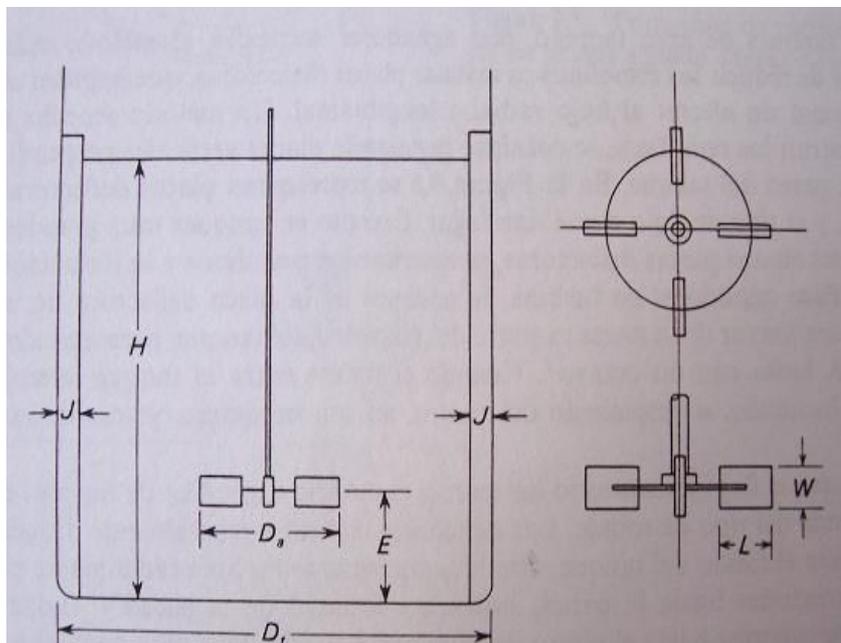


Figura 3 Parámetros característicos en el sistema de agitación
Fuente: McCabe W.L., Smith J.C. Harriott P., " Operaciones Unitarias en Ingeniería Química", 1999

El sistema de agitación esta diseñado siguiendo unas proporciones según unas relaciones ya establecidas:

$$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3} \quad \Rightarrow \quad D_a = \frac{D_t}{3} = 0,83m$$

$$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12} \quad \Rightarrow \quad J = \frac{D_t}{12} = 0,208m$$

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4} \quad \Rightarrow \quad L = \frac{D_a}{4} = 0,275m$$

$$\frac{E}{D_a} = 1 \quad \Rightarrow \quad E = D_a = 0,83m$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \quad \Rightarrow \quad W = \frac{D_a}{5} = 0,106m$$

El numero de placas deflectoras es generalmente de 4; el numero de palas del agitador varia entre 4 y 16, pero generalmente es de 6 u 8.

La potencia necesaria para que se lleve a cabo la agitación del volumen de fermentación, viene dado por la siguiente fórmula:

$$N_p = \frac{P}{\rho \cdot N^3 D_a^5}$$

Donde :

P: Potencia absorbida por el agitador

N_p : Numero de potencia

N: Velocidad de agitación

D_a : Diámetro del impulsor

ρ : Densidad del liquido

El valor del número de potencia se puede obtener mediante una grafica que relaciona dicho numero de potencia con el Reynolds, así según la gráfica:

$$R_e = \frac{N \cdot D_a^2 \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,67 \cdot (0,83)^2 \cdot 1000}{0,001} = 1,15 \cdot 10^6$$

así el valor del número de potencia es: **$N_p = 5$**

Una vez definidos todos los factores que intervienen en la ecuación y conociendo sus valor, podemos calcular entonces la potencia necesaria para la agitación de los tanques de fermentación

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D_a^5 = 5 \cdot 1000 \cdot (1,67)^3 \cdot (0,83)^5 = 9118,15 \text{ W}$$

Al tener tres impulsores en nuestro eje de agitación, la potencia será de aproximadamente el triple, así el valor final de la potencia necesaria para impulsar el eje de agitación será:

$$P = 3 \cdot 9118,15 = 27,354 \text{ KW}$$

En fermentadores de grandes dimensiones es necesario colocar mas de un impulsor para conseguir una buena mezcla, la distancia de separación entre impulsores se sitúa entre una o dos veces el diámetro del impulsor. En cuanto a la potencia absorbida se ha visto (Wang, 1979) que ésta es directamente proporcional al número de impulsores.

3.7 DISEÑO DE LOS TANQUES EN LA PLANTA DE PROCESO

La metodología de cálculo del resto de los tanques tanto de almacenamiento como de proceso de la planta, es similar a la expuesta anteriormente en el diseño de los fermentadores, así pues vamos a incluir una tabla resumen de las principales características geométricas:

Tanque	Temperatura diseño (K)	Presión Diseño (psi)	Volumen trabajo (m ³)	Volumen (20% seguridad) (m ³)	Diámetro (m)	Altura (m)	Espesor			Fondos (m)	Tapas (m)	Carga viento (kg/m)
							Longitudinal (in)	Circunferencial (in)	Final (in)			
Caldera	130	49,78	70	85	3,5	10	0,197	0,277	0,277	plano	H = 27,67	0,748
Almacenamiento etanol anhidro	45	49,78	10,46	12,55	2	4	0,163	0,209	0,209	plano	plana	0,748
Almacenamiento agua destilada	45	49,78	76,9	84,6	4	7	0,209	0,3	0,3	plano	plana	0,748
Almacenamiento agua-etanol	105	49,78	63,55	70	3,5	7,5	0,197	0,277	0,277	plano	plana	0,748
Almacenamiento etilenglicol	170	49,78	4	4,8	1,5	3	0,152	0,186	0,186	plano	plana	0,748

4. DISEÑO DE LA COLUMNAS DE DESTILACIÓN

Las características de las columnas de destilación, como se ha citado en la memoria, se han obtenido mediante simulación, a continuación, se muestran algunas capturas de lo que sería la simulación del tren de destilación:

The screenshot shows a software window titled "DSTL-101 (Distillation)" with three tabs: "Equipment", "Oper.Cond's", and "Scheduling". The "Equipment" tab is active. It is divided into two main sections: "Size" and "Description".

Size Section:

- Radio button "Calculate (Design Mode)" is selected.
- Radio button "User-Defined (Rating Mode)" is unselected.

Description Section:

- Name: C-101
- Type: ShortCut Distillation
- Number of Units: 1
- Actual Stages: 34
- Max Diameter: 3,500 m
- Stage Height: 0,515 m
- Column Height: 17,515 m
- Column Diameter: 3,500 m
- Design Pressure: 1,500 bar
- ASME Vessel?

Selection Section:

- Radio button "Select" is selected, with a dropdown menu showing "C-101".
- Radio button "Request New" is unselected, with an empty "Name" field below it.

At the bottom of the window are three buttons: "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda".

Figura 4 Características geométricas de la columna de destilación simple

Fuente: SuperPro Designer

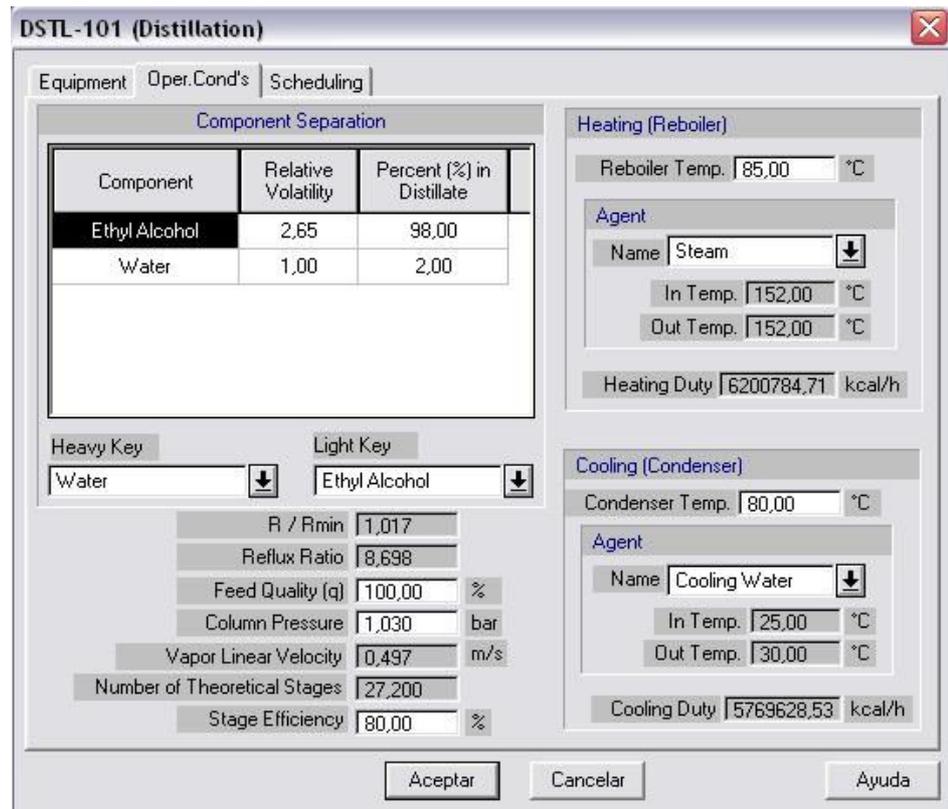


Figura 5 Condiciones de operación de la destilación simple
Fuente: SuperPro Designer

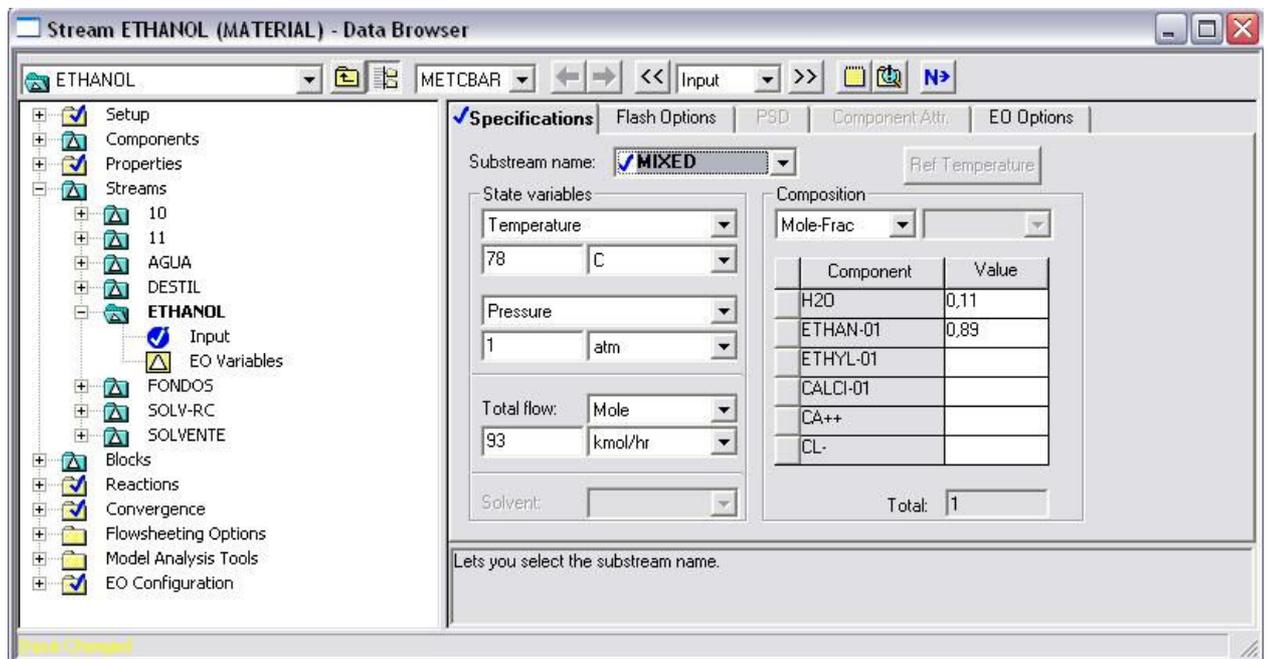


Figura 6 Corriente de entrada en la destilación extractiva
Fuente: Aspen Plus

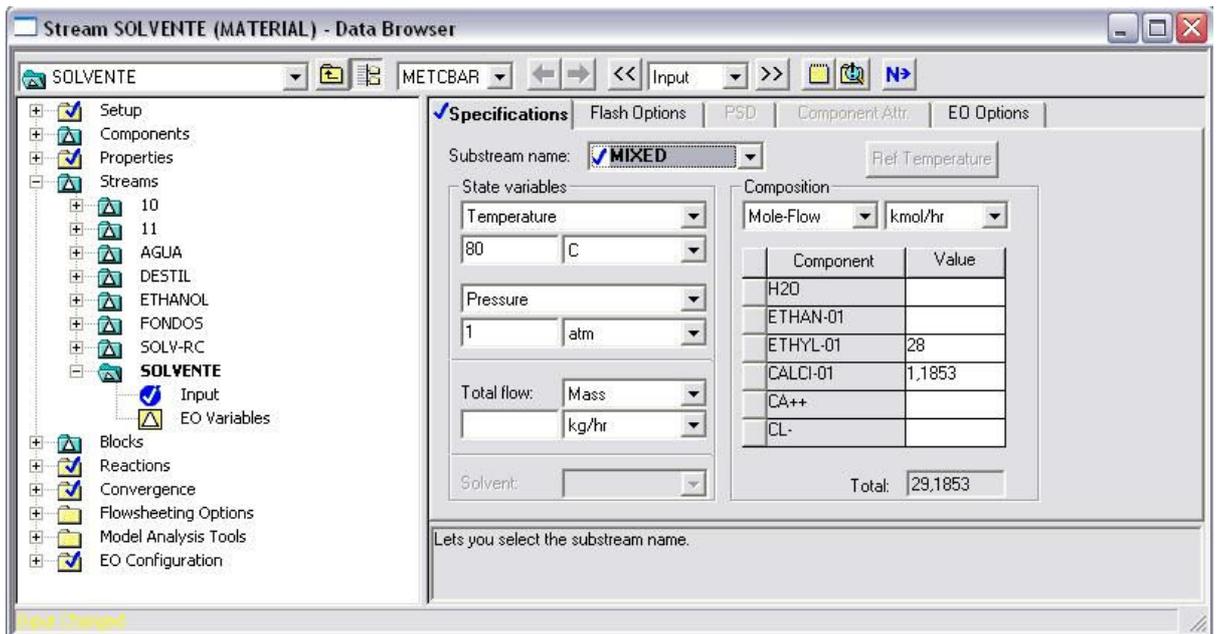


Figura 7 Corriente de entrada de disolvente en la destilación extractiva

Fuente: Aspen Plus

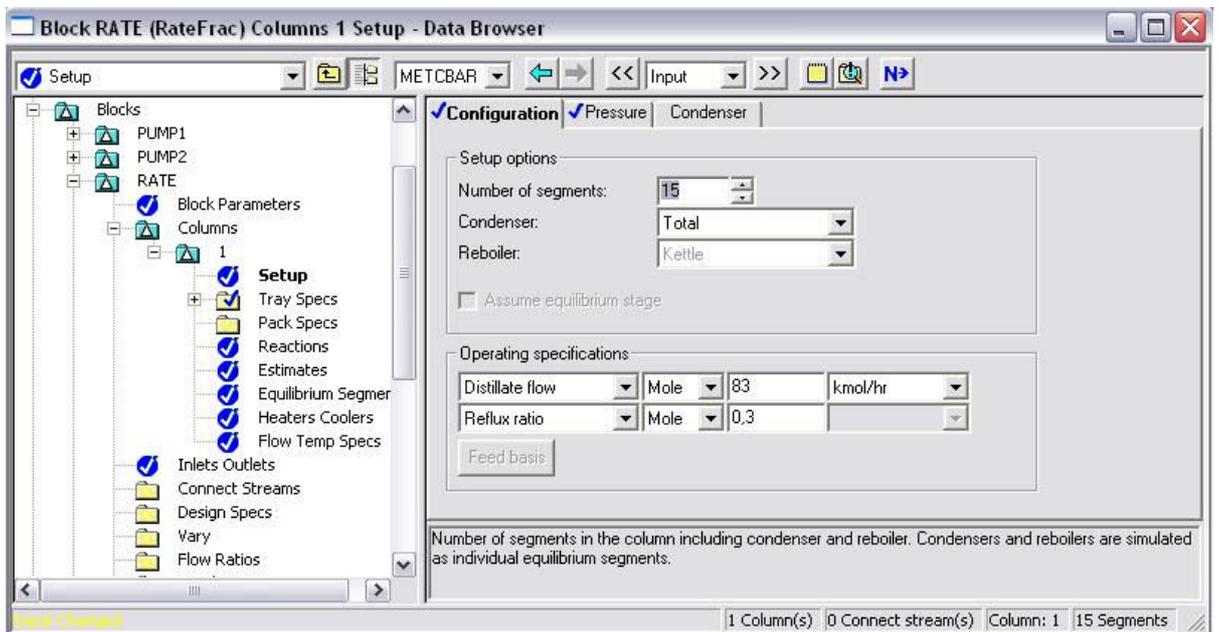


Figura 8 Condiciones de operación de la destilación extractiva

Fuente: Aspen Plus

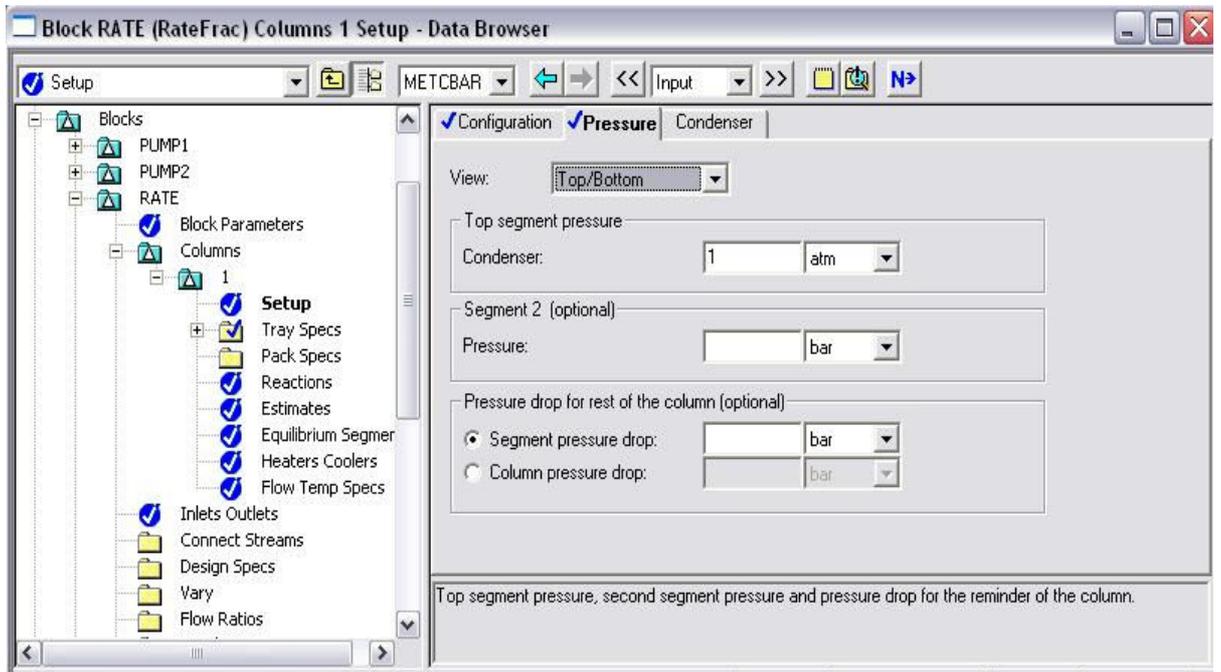


Figura 9 Condiciones de operación de la destilación extractiva

Fuente: Aspen Plus

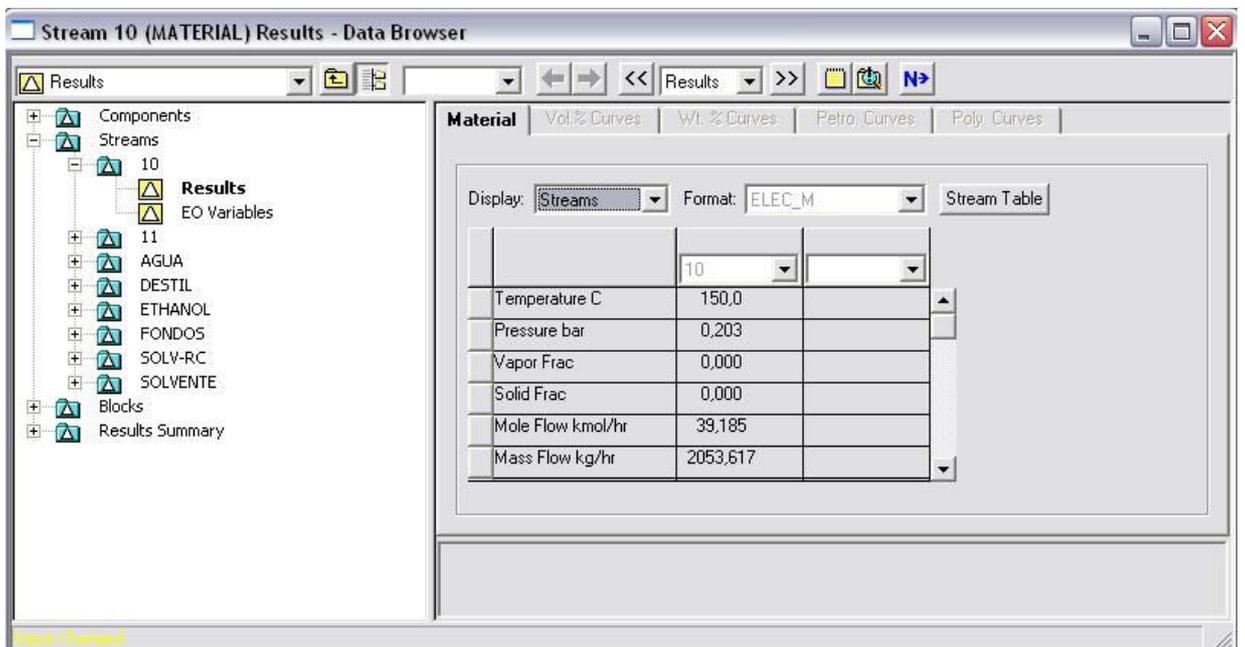


Figura 10 Corriente de entrada en la columna recuperadora

Fuente: Aspen Plus

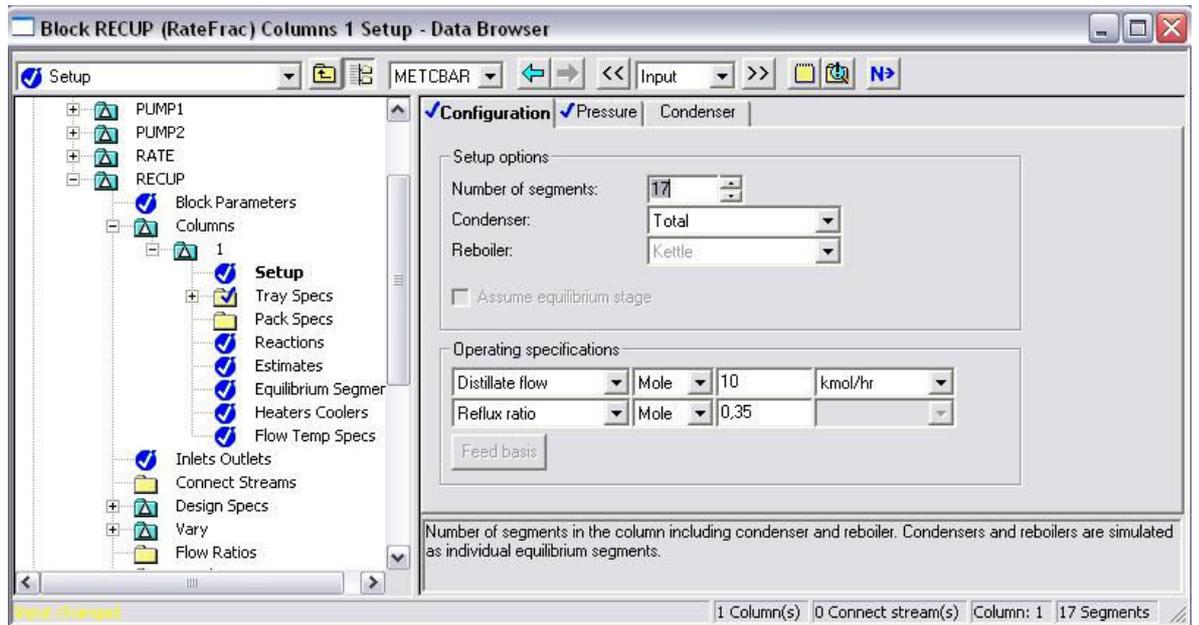


Figura 11 Condiciones de operación de la columna recuperadora

Fuente: Aspen Plus

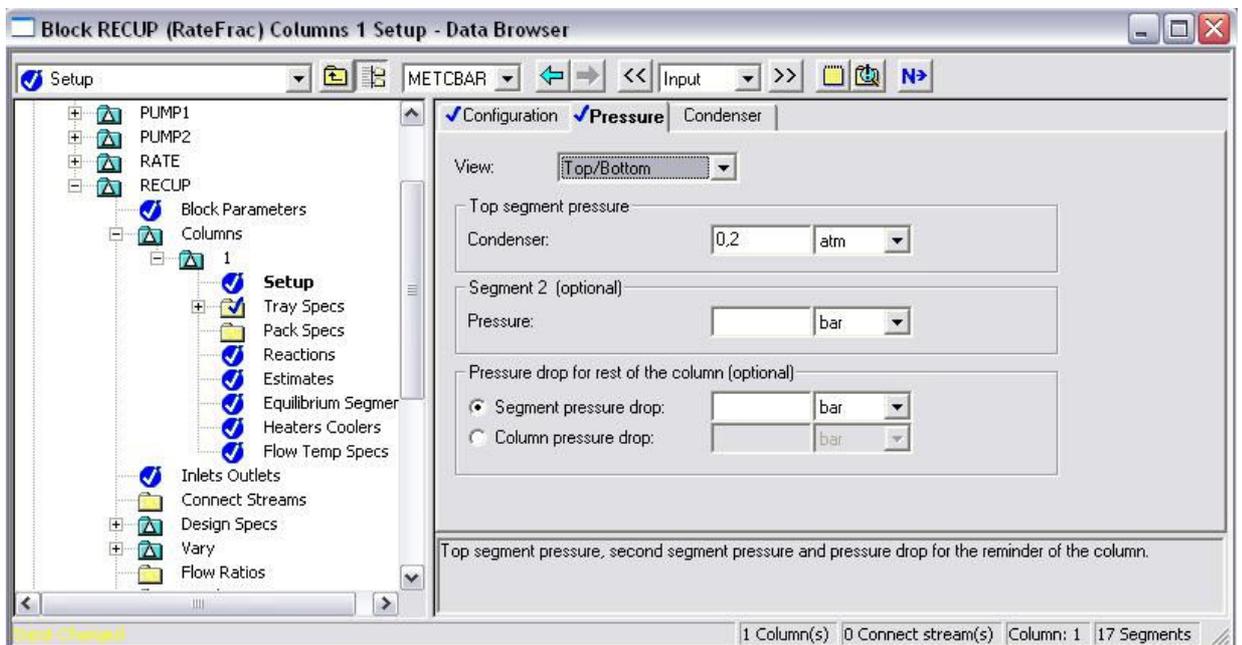


Figura 12 Condiciones de operación de la columna recuperadora

Fuente: Aspen Plus

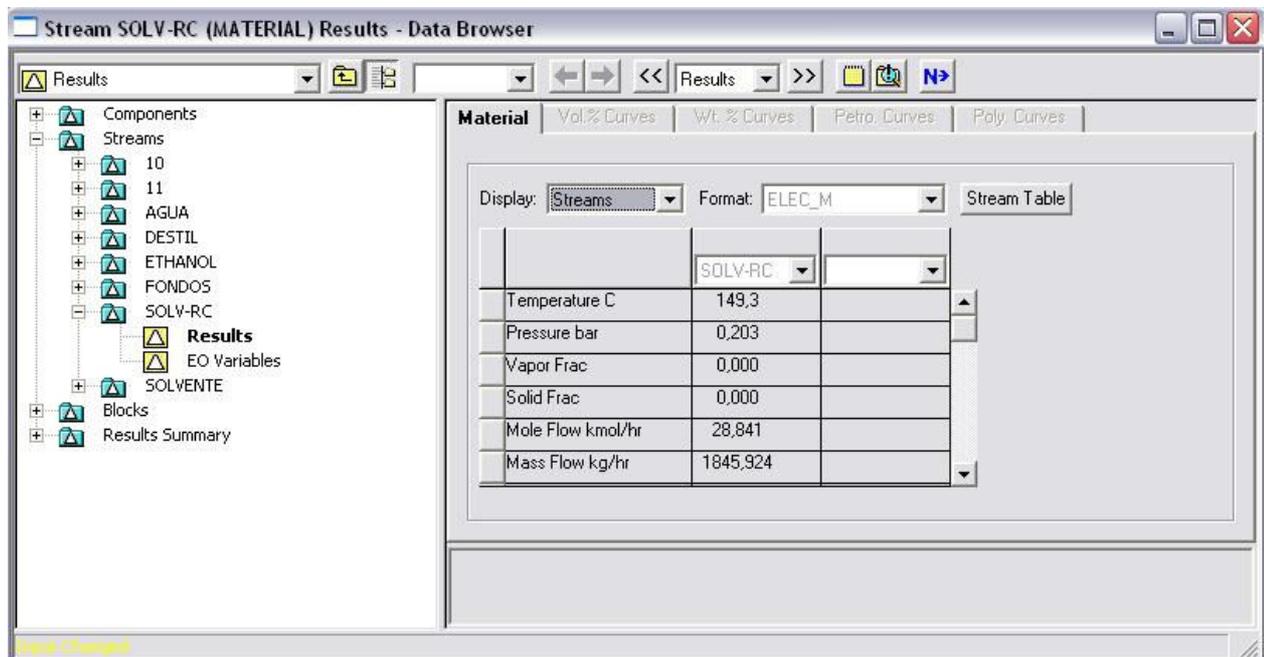


Figura 13 Corriente de etilenglicol

Fuente: Aspen Plus

Los cálculos para el diseño del tren de destilación van a ser muy similares puesto que las columnas de destilación tienen dimensiones parecidas, así se va a disponer del método de cálculo de los espesores, cargas debidas al viento y diseños de los platos.

4.1 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES DE LAS COLUMNAS

Datos de diseño.

Tensión máxima admisible (S): Si los recipientes a presión se calculan con unos espesores de pared capaces de soportar sin deformación la presión a la que se verán sometidos, es decir, que la presión a la que trabaja el material sea inferior a la máxima tensión admisible del mismo. Esta tensión depende de las características del material y del coeficiente de seguridad que adopte, variando con la temperatura de trabajo. Según el código ASME, la máxima tensión admisible (S) a la temperatura de diseño es el mínimo de los siguientes valores:

Para la fabricación de las columnas, usaremos acero inoxidable AISI 316L, que tiene las siguientes características:

$$\sigma_{\text{elas.}} = 38000 \text{ p.s.i.}$$

$$\sigma_{\text{rot.}} = 80000 \text{ p.s.i.}$$

El código A.S.M.E. dice que el esfuerzo máximo admisibles:

Para la virola sometida a más presión:

$$(3/8)\sigma_{\text{rot.}} = 30.000 \text{ p.s.i.}$$

$$(2/3)\sigma_{\text{elas.}} = 25.333 \text{ p.s.i.}$$

Para el resto de virolas:

$$(2/5)\sigma_{\text{rot.}} = 32.000 \text{ p.s.i.}$$

$$(2/3)\sigma_{\text{elas.}} = 25.333 \text{ p.s.i.}$$

Por lo tanto el esfuerzo máximo admisible es

$$\mathbf{S=25.333 \text{ p.s.i.}}$$

Eficiencia de la soldadura (E): la unión entre chapas se realiza, normalmente, por medio de la soldadura, y ésta representa una discontinuidad dentro del trazado de chapa que puede producir una intensificación local de las tensiones a las que se encuentra sometido el material. Esta razón, junto con la posibilidad de producirse defectos en la realización de la soldadura, dan pie a considerar a la zona de soldadura como debilitada. Teniendo en cuenta este hecho, en el cálculo de las columnas se introduce una reducción en la tensión máxima admisible multiplicando ésta por un coeficiente denominado eficiencia de la soldadura (E), cuyo valor varía según la norma, y de acuerdo con el tipo de soldadura, localización y nivel radiográfico efectuado sobre ella. En el anexo se incluyen las tablas necesarias para aplicar este coeficiente E y el valor de S en función de estos factores.

Para soldaduras tipo 1, es decir, juntas a tope hechos por doble cordón de soldadura, o por otro medio, con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre la superficie interior y exterior de la pieza los valores de E son de:

E = 1,0 para estudio radiográfico completo.

E = 0,85 para radiografías por zonas o puntual.

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de enorme importancia, para lo cual se necesita definir una secuencia lógica para la selección de éstos.

En la selección y evaluación de los materiales, tanto para tanques como para tuberías y accesorios, se deben considerar principalmente los siguientes aspectos:

- Coste de material y de su mantenimiento e inspección
- Duración estimada del material
- Confiabilidad del material
- Disponibilidad del material

Espesor mínimo de pared (t_{\min}): es el espesor mínimo fijado para la envolvente y los fondos, excluido el sobreespesor por corrosión, será el mayor de los siguientes valores:

$$t_{\min} = 2,5 + c \text{ (mm) (Exigido por el código ASME)}$$
$$t_{\min} = D_{\text{int}}/1000 + 2,54 + c \text{ (mm)}$$
$$t_{\min} = 5 + c \text{ (mm), para aceros al carbono}$$
$$t_{\min} = 3 \text{ (mm), para aceros inoxidables.}$$

La presión de operación será de una atmósfera, dando un diez por ciento de seguridad, la presión de operación será de $1,1 \text{ atm} \approx 16,1656 \text{ p.s.i.}$

Según el código ASME sección VIII, la presión mínima de diseño ha de ser el mayor de estos tres valores:

$$P \geq 1,1 P_{\text{operación}} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$
$$P \geq P_{\text{operación}} + 2 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$
$$P \geq 3,5 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Por lo tanto, en este caso, se tomará la presión de diseño como $3,5 \text{ kg./cm}^2$.

En unidades en el sistema americano:

$$P_{\text{dis}} = 49,78 \text{ p.s.i.}$$

- Temperatura de diseño (TD): debe ser superior a la máxima que se produzca durante la operación, y es habitual (a no ser que se especifique otro valor en las hojas de datos del recipiente) adoptar como temperatura de diseño el valor de:

$$T = \text{Máxima temperatura de operación} + 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

En nuestro proceso, las columnas van a trabajar a distintos rangos de temperatura, así pues, la temperatura de diseño será :

Columna de destilación	Temperatura de operación (°C)	Temperatura de diseño (°C)
destilación simple	110	130
destilación extractiva	150	180
Columna recuperadora	150	180

La eficiencia de la junta $E=0.85$, según la norma UW-12, será junta a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio por el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.

Para bajas y medias presiones de operación se suelen emplear también los fondos de tipo toriésferico o elíptico 2:1. Cada tipo tiene una expresión para el cálculo de espesor mínimo.

Según las características técnicas del documento ESPECIFICACIÓN CEPESA ESP – 1101 – 01 y sabiendo que el recipiente es de fondo toriesférico tipo KLOPPER, las alturas del fondo (H1 y H2) son:

$$H = 0,2 \cdot D_0$$

$$h = 3,5 \cdot t_F$$

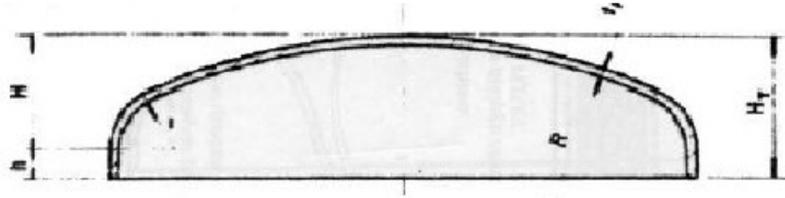


Figura 2 Cabezal de un tanque a presión

Fuente: Anexo gráfico

En primer lugar, antes de iniciar el cálculo de la presión externa, definimos los parámetros que utilizaremos en las distintas expresiones. Para empezar, considerando el recipiente cilíndrico, se calcula la longitud total del recipiente mediante la siguiente expresión:

$$L = L_t + \frac{1}{3} H_1 + \frac{1}{3} H_2$$

Según esta expresión, necesitamos el diámetro exterior, por lo que, se debe calcular el espesor de dicho recipiente. Esto se hace para presión interna:

- Casco

Debido a esfuerzo longitudinal $\Rightarrow t = \frac{P \cdot R_{ic}}{2 \cdot S \cdot E + 0.4 \cdot P}$

Sabiendo que CA es el sobreespesor de corrosión, c, que vale 0.1181 in; S la tensión admisible, que tiene un valor de 25333 psi y E, la eficiencia de la soldadura, cuyo valor es de 0.85.

Por lo tanto:

- Debido a esfuerzo circunferencial =>

$$t = \frac{P \cdot R_{ic}}{(S \cdot E - 0.6 \cdot P)}$$

- Cabezales

Aunque los cabezales poseen mayor resistencia debido a la relación de altura frente a diámetro, también se realiza el cálculo del espesor para asegurarnos:

$$t = \frac{0.885 \cdot P \cdot L_t}{S \cdot E - 0.1 \cdot P}$$

- Toriesférico =>

4.2 PATAS DE APOYO

La columna posee un diámetro mayor a 3,5 m, por lo que el número de apoyos será de 6, debido a su gran altura. En este caso se trata de perfiles comerciales IPN de dimensiones normalizadas y de acero al carbono, que irán soldados a la carcasa mediante una placa de refuerzo soldada directamente al recipiente, que será de igual material que el recipiente. Las patas estarán igualmente espaciadas sobre el perímetro del reactor.

El perfil irá soldado a una placa cuadrangular, fijándose al suelo el conjunto mediante dos pernos de anclaje. El diámetro de los pernos será de 20mm y el de los taladros de 26mm.

4.3 EFECTO DEL VIENTO SOBRE LAS COLUMNAS

Al igual que la presión interna o externa, el viento produce unas tensiones en las paredes de las columnas que pueden producir la inestabilidad del mismo.

Las reglamentaciones de muchos países exigen que las estructuras estén diseñadas con unos coeficientes de seguridad con respecto al viento y, los recipientes, como estructuras autoportantes, deben ajustarse a estas normativas particulares. Por otra parte se puede indicar que todas las reglamentaciones son muy parecidas diferenciándose ligeramente en los valores de algún coeficiente de los que intervienen en el cálculo.

Partiendo de la hipótesis de considerar la columna como una viga empotrada en el suelo (voladizo), se puede igualmente considerar que la acción del viento produce unas cargas distribuidas de forma uniforme a lo largo de toda la altura del mismo.

El valor de las cargas uniformes son función del área expuesta y de la presión que el viento ejerce sobre esta área, denominada presión de diseño o del viento. La determinación de estas cargas unitarias se lleva a cabo con la ayuda de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{D_0}{10^3} \cdot P_w$$

Q = carga debida al viento por metro lineal de altura,

kg/m

D₀ = diámetro exterior del recipiente, mm

P_w = presión de diseño del viento, kg/m²

La presión de diseño P_w, es función de la presión básica del viento (p), de la forma del recipiente, de la esbeltez y de los accesorios externos del recipiente, pudiéndose concretarse todo ello en la formula:

$$P_w = p \cdot c \cdot k \cdot r$$

Siendo:

p = presión básica del viento, kg/m²

c = factor de forma

k = coeficiente de esbeltez

r = coeficiente de accesorios.

En esta expresión aparecen distintos factores y coeficientes que se calcularán a continuación:

- **p**: es la presión básica del viento, función de la velocidad de viento y de la elevación sobre el suelo.

$$p = P_0 \cdot ka = \left(\frac{\text{velocidad}_{\text{viento}}}{201.4} \right) \cdot ka$$

Siendo:

P_0 = presión básica del viento a nivel del suelo, kg/cm²

K_a = factor de altura.

La presión básica a nivel del suelo se obtiene a partir del valor de la velocidad del viento “V” tomada como referencia de velocidad máxima según la zona de instalación del tanque, que en este caso es de 120 km/h.

Como valor de factor de altura “Ka” se adopta el valor de 1,15, ya que la altura de las columnas de destilación están en el rango de 16-25 m. así pues,

$$p = \frac{120km/h}{210,4} \cdot 1,15 = 0,655kg/m^2$$

- **c**: es un factor de forma, función de la forma expuesta al viento. Debido a que la superficie del tanque es cilíndrica, su valor es 0.6.

- **k**: es un coeficiente de esbeltez, función de la relación entre la H y el diámetro exterior, D0. Su valor es 1.

- **r**: es un coeficiente de accesorios. Su valor es 1.150.

Columna	Diámetro (m)	Altura (m)	Presión (Atm)	Espesor (mm)	Q viento (kg/m)
Destilación simple	3,5	17	1	7	1,58
Extractiva	3,5	15,5	1	7	1,37
Recuperadora	3,5	17,51	0,2	7	1,58

4.4 DISEÑO DE LOS PLATOS

El siguiente paso será determinar las dimensiones características de cada uno de los platos, es decir, diámetro, distancia entre platos, altura del liquido, tipo de platos, materiales... Una vez que se disponga de los platos, habrá que colocarlos en la columna soportados por vigas y abra que incluir bocas de hombre y de inspección junto con el sistema de soporte de la columna. De esta forma, los datos obtenidos se reflejaran en los planos de construcción de la columna, junto con las especificaciones de tipo mecánico.

Para que la eficacia de un plato sea elevada es necesario que:

- El tiempo de contacto entre el liquido y el vapor sea suficiente para que se produzca la transferencia de materia. Para ello, el nivel del liquido del plato debe ser el suficiente para que las burbujas de vapor permanezcan un mayor tiempo de contacto con el liquido.
- La superficie interfacial debe ser lo mayor posible, para así favorecer la transferencia de materia. Para ello las burbujas de vapor deben ser lo mas pequeñas posibles. Para que las burbujas sean lo mas pequeñas posibles, el vapor debe circular a velocidades relativamente elevadas, de modo que, al pasar por los orificios del plato, se disperse completamente en el liquido, el cual es entonces agitado, formándose espuma, además, es necesario una turbulencia relativamente alta, para que la capa limite oponga la menor resistencia a la transferencia de materia.

Sin embargo, estas condiciones, que son las que proporcionan mayor eficacia, son también causas de dificultades:

- Por un lado, a altas velocidades de vapor, cuando este se desprende de la espuma, puede arrastrar pequeñas gotas de líquido, que entrarían en el plato superior, modificando la concentración. Si este fenómeno se acentúa, se produce el llamado arrastre por espuma: la espuma ocupa todo el espacio entre dos platos y gran cantidad de líquido es arrastrado por el vapor al plato superior.
- Un alto nivel de líquido en el plato, así como una alta velocidad del vapor, producen una gran caída de presión, lo cual puede llevar a inundaciones de la columna: si el líquido que abandona un plato, a una presión relativamente baja, entra a otro plato a alta presión (debido a la espuma), el líquido se va acumulando en el vertedero, en la tubería de descenso. Si esta diferencia de presión va aumentando, también lo hace la altura del líquido en la tubería de descenso, pudiendo llegar un momento en que alcance el nivel de la bandeja de la que cae, con lo que el plato no puede descargar, pero si sigue entrando líquido, con lo cual se inunda.
- Por el contrario, si la velocidad de flujo de vapor es muy baja, se produce el fenómeno de lloriqueo o goteo, el líquido cae a través de los orificios por los que debería ascender el vapor.
- Finalmente, si el caudal de líquido es excesivamente pequeño, lo cual permitiría que el tiempo de contacto puede ser muy elevado, mejorando la eficacia, se puede producir un bloqueo por vapor de la columna, que a caudales bajos de vapor generaría un flujo pulsante y a caudales altos el fenómeno de sopladura o arrastre.

Con respecto a los dispositivos de contacto se pueden encontrar diversas posibilidades:

- Platos perforados: Su característica principal es su bajo coste, su versatilidad y disponibilidad.
- Platos de válvula: Pueden ser de diferente estilo. Presenta la ventaja de un bajo bloqueo por vapor aunque son un 5-10% mas caros que los perforados. Existe también la posibilidad de combinar los platos perforados con algunas válvulas.
- Campana de borboteo: Para casos en los que se necesiten un bajo bloqueo aunque presentan un elevado coste.
- Platos de ranura o rejilla: Presentan una alta eficacia y baja caída de presión; también, presentan un menor arrastre y lloriqueo que los perforados.
- Platos de chorro (jet): Para trabajar con una alta capacidad de líquidos aunque son propensos a la sopladura del líquido.
- Otros platos de diseño especial utilizados por alta capacidad de vapores y líquidos o casos donde es necesaria poca pérdida de carga.

Por otro lado, el camino que recorre el líquido por el plato puede ser de diferente forma, encontrando disposiciones en la columna con diferente conformación para realizar el contacto entre las dos fases. Los mas utilizados en la industria son los de flujo cruzado utilizando platos en donde se aloja el líquido y los dispositivos anteriormente comentados (perforaciones, válvulas, campanas...) para que circule el vapor y entre en contacto con el líquido. El líquido circula de un plato a otro a través de un vertedero. En función de los caudales de líquido y vapor, puede ser necesario disponer de varios vertederos para que descienda el líquido.

Otras posibilidades son las de utilizar un flujo cruzado colocando en la columna platos sin vertederos por lo que el líquido y el vapor utilizan las mismas aberturas para avanzar. En algunos casos, lo que se incluye son unas placas deflectoras que permiten un flujo turbulento (en zig-zag) del vapor y el líquido para mejorar el contacto entre las dos fases.

El diseño de cada tipo de plato y columna tiene diferentes peculiaridades, siendo necesario disponer de fuentes bibliográficas específicas para cada diseño. En cada caso, el fabricante del dispositivo dispondrá de datos que permitirán afrontar el diseño con garantías.

A continuación se abordará el diseño del plato perforado de paso simple que es el elegido para nuestra columna de destilación por ser el más típico y convencional de los platos en procesos de destilación.

Dentro del área total del plato, A_t , encontramos distintas zonas:

- Por un lado el área ocupada por el vertedero, A_v , tanto de descenso del plato superior, como de salida del líquido al plato inferior.
- Se denomina área neta, A_n , al área total del plato menos lo ocupado por el vertedero.
- además, el plato estará soportado por unas vigas (dos con el largo del vertedero y una con el diámetro de la torre) que ocuparan un área A_{vig} .
- Se define el área activa o área de burbujeo, A_a , como el área neta menos el área de las vigas.
- Finalmente hay que considerar el área de cada perforación circular, A_o relacionada con el diámetro de la perforación, d_o

Las relaciones matemáticas de estos parámetros son las siguientes:

$$A_t = A_n + 2 A_v$$

$$A_a = A_n - A_{vig}$$

$$A_o = \Sigma (\pi \cdot d_o^2)/4$$

$$A_t = \pi \cdot R^2$$

$$A_v = 0,088 \cdot A_t$$

$$W = 0,7 \cdot D$$

$$N^{\circ} \text{ de perforaciones} = A_o/a$$

$$\frac{A_o}{A_a} = 0,97 \cdot \frac{d_o^2}{p^2} = 0,1275$$

Teniendo en cuenta las características de las columnas y las relaciones anteriores, los platos perforados tendrán las siguientes dimensiones:

Zonas del plato	Valor
área total del plato (A_t)	9,62 m ²
diámetro de la perforación (d_o)	4,5 mm
pitch (p)	12 mm
área de una perforación (a)	1,16 · 10 ⁻⁵ m ²
área de vertederos (A_v)	0,846 m ²
área de vigas (A_{vig})	0,896 m ²
área neta (A_n)	7,926 m ²
área de perforación (A_a)	7,03 m ²
longitud del vertedero (W)	2,45 m
altura del derramadero (h_w)	50 mm
separación entre platos (t)	50 cm

5. RED DE TUBERIAS

La presencia de válvulas, codos, tes, ensanchamientos, estrechamientos, etc. introduce pérdidas de carga suplementarias en toda la instalación, por alterar la dirección del flujo o modificar la velocidad lineal de desplazamiento del fluido.

La pérdida de carga por efecto de los accesorios resulta:

$$H = f \cdot \frac{L + Leq}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

En primer lugar, se procede al cálculo del número de Reynolds, sabiendo tanto la viscosidad y la densidad de la corriente que debido a su gran contenido en agua, podemos tomar las características del agua, como la velocidad y diámetro nominal de la tubería. Para ello, se utiliza la siguiente expresión:

$$Re = \frac{\rho \cdot Dn \cdot v}{\mu} ;$$

Para tuberías de hierro forjado, la rugosidad relativa o ε/D es, según la gráfica (véase anexo gráfico):

$$\text{Diámetro de tubería, 6''} \quad \Rightarrow \quad \varepsilon/D = 0.0003$$

Con el número de Reynolds calculado y la rugosidad relativa, se calcula el factor de fricción necesario para conocer las perdidas de carga, según la grafica de Moody:

$$Re = 2,4 \cdot 10^5 \text{ y } \varepsilon/D = 0.0003 \text{ --> } f = 0.018$$

5.1 CÁLCULO DEL ESPESOR

Para conocer el valor del espesor mínimo de tuberías de la instalación utilizamos la siguiente expresión:

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S \cdot E + P \cdot Y)}$$

Los datos que se necesitan para calcular el espesor son los que a continuación se muestran:

- Tensión admisible del material

Conocida la temperatura de diseño, 113 °F, y el tipo de material, A 285 Gr. C, según la Norma ASME B31.3 – 2002, sabemos que la tensión máxima admisible es de 18300 psi.

- Eficiencia de la soldadura

El factor de calidad de la soldadura, teniendo en cuenta que se trata de una soldadura a tope simple, según la Norma ASME B31.3 (Apéndice A, tabla de materiales ASTM), es de 0.8.

- Coeficiente Y

Conocidos el tipo de material y la temperatura de diseño, según la Norma ASME B31.1, el coeficiente Y tiene el valor de 0.4.

- Presión de diseño, P

Para poder conocer la presión de diseño, se necesita la presión de trabajo, que se calcula por Bernoulli, utilizando:

$$hb = \frac{P_f - P_0}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} + H + (z_f - z_0)$$

Habrá que considerar, por otro lado, el sobreespesor de corrosión, que se estimará en función del tipo de acero de que se fabrica la tubería, que se moverá entre los siguientes valores:

-Acero al carbono	1.5 – 3.0 mm
- Acero aleado hasta un 9 % Cr y 1 % Mo	1.5 – 3.0 mm
- Acero inoxidable	0.8 – 1.5 mm

Por tanto, el valor tomado será de 3.0 mm o lo que es lo mismo 0.1181 in.

Ahora bien, el espesor nominal necesario para el fabricante, teniendo en cuenta que la tolerancia de fabricación es 1, será:

$$tn = \frac{tm}{1 - \frac{M}{100}}$$

Para el cálculo del espesor del sistema de tuberías, se va a tomar el valor de la presión de 3,5 kg/cm², así pues:

tubería	Diámetro exterior		SE (psi)	P (psi)	Espesor total		Schedule
	(m)	(in)			(mm)	(in)	
cald-ferm-1	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
cald-ferm-2	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
cald-ferm-3	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
cald-ferm-4	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
cald-ferm-5	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
cald-ferm-6	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
cald-ferm-7	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
Ferm-1 centr.	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
Ferm-2 centr.	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
Ferm-3 centr.	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
Ferm-4 centr.	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
Ferm-5 centr.	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
Ferm-6 centr.	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
Ferm-7 centr.	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
centr evap	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40
evap-dest-1	0,10	3,93	15555	49,78	3,33	0,13	40
dest-1- dest-2	0,10	3,93	15555	49,78	3,33	0,13	40
dest-2-etanol	0,10	3,93	15555	49,78	3,33	0,13	40
dest-2-dest-3	0,10	3,93	15555	49,78	3,33	0,13	40
dest-3-agua	0,10	3,93	15555	49,78	3,33	0,13	40
dest-3-etileng	0,10	3,93	15555	49,78	3,33	0,13	40
evap-crist	0,10	3,93	15555	49,78	3,33	0,13	40
etileng-dest-2	0,10	3,93	15555	49,78	3,33	0,13	40
cald-agua	0,16	6,29	15555	49,78	3,51	0,138	40

5.2 COMPROBACIÓN DEL ESPESOR

Según la Norma ASME B31.3, todo sistema de tuberías será sometido a un prueba hidrostática o neumática y la presión de prueba será en general no menor de 1,5 veces la presión de diseño. Sabiendo que la presión de diseño tiene un valor de 100,81 psi, la presión de prueba hidráulica será:

$$P_{H_m} \geq 1.5 \cdot P \cdot \frac{S}{S_a}$$

Siendo S_a la tensión admisible a temperatura ambiente en kg/cm^2 .

Como se trabaja a temperatura ambiente, el cociente será 1. Por lo tanto, tendremos:

$$P_{H_m} = 1,5 \cdot P = 1,5 \cdot 49,78 \text{ psi} = 74,67 \text{ psi}$$

Según la Norma ANSI B36.10, habrá que pedir una tubería de Schedule 40, cuyo espesor nominal sea de 0.280", pues es el espesor comercial para una tubería de 6".

Tubería	Diámetro (m)	Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Sección (m ²)	Caudal (m ³ /h)	Accesorios	Longitud equivalente (m)	Longitud total (m)	Pérdida de carga (m)	Altura de la bomba (m)
cald-ferm-1	0,16	46,5	1,5	0,008	108	7 codos 6 válvulas	174	220,5	2,847	2,634
cald-ferm-2	0,16	54	1,5	0,008	108	7 codos 6 válvulas	196	250	3,228	3,015
cald-ferm-3	0,16	61,5	1,5	0,008	108	7 codos 6 válvulas	218	279,5	3,61	3,397
cald-ferm-4	0,16	69	1,5	0,02	108	7 codos 6 válvulas	240	309	4	3,787
cald-ferm-5	0,16	76,5	1,5	0,02	108	7 codos 6 válvulas	262	338,5	4,371	4,157
cald-ferm-6	0,16	84	1,5	0,02	108	7 codos 6 válvulas	284	368	4,752	4,5386
cald-ferm-7	0,16	91	1,5	0,02	108	7 codos 6 válvulas	306	397,5	5,135	4,926
Ferm-1 centr.	0,16	29,5	2	0,02	144	4 codos 5 válvulas	134	163,5	3,75	1,86
Ferm-2 centr.	0,16	37	2	0,02	144	6 codos 5 válvulas	146	183	4,20	2,311
Ferm-3 centr.	0,16	44,5	2	0,02	144	6 codos 5 válvulas	146	190,5	4,374	2,85
Ferm-4 centr.	0,16	52	2	0,02	144	6 codos 5 válvulas	146	198	4,545	2,656
Ferm-5 centr.	0,16	59,5	2	0,02	144	6 codos 5 válvulas	146	205,5	4,718	2,83

Ferm-6 centr.	0,16	67	2	0,02	144	6 codos 5 válvulas	146	213	4,89	3
Ferm-7 centr.	0,16	74,5	2	0,02	144	6 codos 5 válvulas	146	220,5	5,06	3,17
centr evap	0,16	20	1,5	0,02	108	4 codos 3 válvulas	90	110	1,42	3,03
evap-dest-1	0,10	30	0,571	0,0078	16,15	4 codos 4 válvulas	112	142	0,425	10,44
dest-1- dest-2	0,10	25	0,06	0,0078	1,674	4 codos 4 válvulas	112	137	0,0045	10
dest-2-etanol	0,10	30	1,2	0,0078	33,4	5 codos 4 válvulas	118	148	1,95	6,02
dest-2-dest-3	0,10	25	0,0932	0,0078	2,617	4 codos 4 válvulas	112	137	0,011	10,1
dest-3-agua	0,10	15	0,0366	0,0078	1,027	5 codos 4 válvulas	118	133	0,0016	8
dest-3- etileng	0,10	12	0,0587	0,0078	1,65	5 codos 4 válvulas	118	130	0,0041	4,5
evap-crist	0,10	20	1,5	0,0078	42,41	7 codos 4 válvulas	130	150	3,1	4,71
etileng-dest- 2	0,10	25	0,056	0,0078	1,561	8 codos 5 válvulas	158	183	0,0053	10,2
cald-agua	0,16	50	1,5	0,02	108	9 codos 4 válvulas	142	192	2,48	10,59

5.3 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LAS BOMBAS

El objeto del bombeo de agua o de cualquier otro líquido es transportarlo de un punto mas bajo a otro mas alto, venciendo presiones, resistencias en las conducciones y desniveles, mediante una bomba.

Una bomba centrífuga consta de una carcasa, llamada cuerpo o cubierta, dentro de la cual se encuentran uno o varios rodetes o impulsores enchavetados o atornillados al eje de la bomba y que giran movidos por un elemento accionador, normalmente un motor eléctrico, una turbina de vapor o un motor de combustión.

En el impulsor la energía mecánica del eje de accionamiento se transforma en energía hidráulica o del líquido en forma de energía de presión y energía de velocidad.

El líquido es aspirado por el centro del rodete y debido a la rotación de este, obliga a acompañar a los alabes en su movimiento. Al llegar al extremo del alabe, el líquido es despedido tangencialmente a estos. Tenemos por tanto, que al agua se le ha suministrado energía de velocidad o cinética.

El líquido, al girar de la bomba, recibe una velocidad que es combinación de dos velocidades. Por un lado, el líquido sufre un aumento de velocidad relativa producida en su movimiento por el álabe y por otro lado un aumento de velocidad centrífuga tangencial debida al giro.

Como la velocidad total de salida del líquido por el extremo del alabe es la suma de estas dos velocidades citadas, podemos observar que para aumentar el caudal suministrado por la bomba, o lo que es lo mismo, la velocidad de salida del agua se puede hacer dos cosas:

- Aumentar la velocidad de rotación del accionador. Si se aumenta la velocidad de giro de ella bomba, aumenta la velocidad centrífuga y entonces aumenta el caudal.
- Aumentar el diámetro del impulsor. Si se aumenta el diámetro, aumenta la velocidad tangencial.

Empleando la expresión de Bernoulli se obtiene la altura que debe suministrar la bomba:

$$h_b = \frac{P_f - P_0}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} + H + (z_f - z_0)$$

La potencia hidráulica de la bomba, P_h , es la precisada para bombear el líquido, y la fórmula para su cálculo es:

$$P_h = \frac{Q \cdot h_b \cdot \rho}{367}$$

Conociendo el rendimiento de la bomba que incluye las pérdidas de potencia de ésta, la potencia absorbida o potencia al eje consumida por la bomba puede hallarse mediante la siguiente fórmula:

$$P_{ab} = \frac{P_h}{\eta}$$

Conociendo las alturas a las que las bombas tienen que trabajar, podemos calcular la potencia absorbida de la bomba, suponiendo que las bombas tienen un rendimiento del 60%.

Bomba	Altura (m)	Caudal (m³/h)	Potencia hidráulica (kW)	Potencia absorbida (kW)
cald-ferm-1	2,634	108	0,775	1,29
cald-ferm-2	3,015	108	0,887	1,478
cald-ferm-3	3,397	108	0,99	1,66
cald-ferm-4	3,787	108	1,11	1,85
cald-ferm-5	4,157	108	1,22	2,03
cald-ferm-6	4,5386	108	1,34	2,23
cald-ferm-7	4,926	108	1,45	2,41
Ferm-1 -centr.	1,86	144	0,73	1,216
Ferm-2 -centr.	2,311	144	0,9	1,511
Ferm-3 -centr.	2,85	144	1,12	1,86
Ferm-4 -centr.	2,656	144	1,042	1,74
Ferm-5 -centr.	2,83	144	1,11	1,85
Ferm-6 -centr.	3	144	1,17	1,96
Ferm-7 -centr.	3,17	144	1,24	2,07
centr.-evap	3,03	108	0,89	1,48
evap-dest-1	10,44	16,15	0,46	0,76
dest-1 -dest-2	10	1,674	0,047	0,079
dest-2 -etanol	6,02	33,4	0,4322	0,72
dest-2 -dest-3	10,1	2,617	0,072	0,12
dest-3 -agua	8	1,027	0,022	0,037
dest-3 -etileng	4,5	1,65	0,02	0,034
evap-crist	4,71	42,41	0,544	0,91
etileng-dest-2	10,2	1,561	0,043	0,073
cald-agua	10,59	108	3,11	5,19

5.3.1 Cavitación de la bomba

La cavitación es un fenómeno que se produce siempre que la presión en algún punto de un líquido desciende por debajo de un valor admisible. Este valor es la presión de vapor que es la presión a la cual un líquido se evapora, pasa al estado gas, a una temperatura determinada.

En el caso de una bomba, si la presión en la aspiración es menor que la presión de vaporización, parte del agua que se aspira se evapora produciéndose burbujas de vapor, cavidades, que son arrastradas por el líquido llegando a las zonas de descarga, donde hay presión alta y se produce una condensación violenta del vapor de nuevo al estado líquido con una reducción brusca de volumen y con una elevación local de la presión que produce un impacto brusco en el contorno.

Los rodetes quedan carcomidos, erosionados, y se escucha un ruido muy característico.

La presión crítica para la cual aparece la cavitación depende de numerosos factores: naturaleza del fluido, temperatura, presiones, ...

Los efectos de la cavitación son:

- Pérdidas del control entregado por la bomba.
- Pérdida de rendimiento.
- Ruido
- Vibraciones
- Calentamientos
- Descebado
- Erosiones en el impulsor
- Golpes de ariete
- Desalineaciones bomba-motor

Para evitar los efectos de la cavitación será conveniente lo siguiente:

- Disminuir la longitud de la tubería de aspiración, si se puede.
- Aumentar el diámetro de la tubería de aspiración.
- Reducir codos y formas bruscas en la aspiración.
- Quitar reducciones de paso de líquido.
- Disminuir la viscosidad del fluido a trasegar.
- Evitar temperatura alta del líquido a trasegar.
- Abrir totalmente la válvula de aspiración.
- Cerrar parcialmente la válvula de impulsión.
- Bajar las revoluciones de la bomba.

Concepto de NPSH

En la aspiración de la bomba nunca la presión debe estar por debajo de la presión de vapor para evitar que se produzca cavitación.

La energía disponible para que el agua circule por la tubería de aspiración y que entre a la bomba es siempre la altura de aspiración menos la presión de vapor a la temperatura de bombeo, de acuerdo a lo dicho en el párrafo anterior, y suele expresarse en metros de columna del líquido. Este concepto es lo que se llama NPSH (altura de aspiración neta positiva).

Puede interpretarse como la altura de equilibrio de presión que nos dice cuantos metros debe tener la altura de presión en la línea de aspiración por encima de la presión de vapor del liquido para que no pueda producirse la vaporización del mismo, asegurándose así el perfecto funcionamiento de la bomba.

El concepto de NPSH se expresa en metros. Distinguimos dos NPSH diferentes:

NPSHr o requerido por la bomba: es el valor mínimo de la presión a la cual puede funcionar la bomba sin cavitación.

Esto es un dato característico de cada bomba, de su proyecto y lo suministra el fabricante, que lo obtienen por ensayos.

NPSHd o disponible: es la energía que tiene un liquido en la toma de aspiración de la bomba, por encima de la energía del liquido, debido a su presión de vapor. Es un dato que depende de la instalación de la bomba y por tanto es calculable.

Para que no exista la cavitación y la bomba funcione correctamente ha de cumplirse que el NPSH disponible en la instalación sea igual o mayor que el NPSH requerido por la bomba.

$$\text{NPSHd} > \text{NPSHr}$$

Como medida de seguridad, y para cubrir condiciones transitorias, se recomienda añadir 0,5 metros al valor del NPSH requerido, quedando:

$$\text{NPSHd} > \text{NPSHr} + 0,5 \text{ m (aprox)}$$

Para calcular el NPSH disponible en nuestra instalación, vamos a utilizar la siguiente expresión:

$$NPSHd = \frac{P_{atm}}{\rho \cdot g} + H_a + h_f - \frac{P_v}{\rho \cdot g}$$

donde:

P_{atm} = presión atmosférica

H_a = altura de la bomba

h_f = pérdidas de carga

P_v = presión de vapor del líquido a la temperatura de trabajo

g = fuerza de la gravedad

ρ = densidad del fluido

Los valores de la presión de vapor del agua están tomados de la tabla *Presiones de vapor del agua* (Operaciones unitarias en Ingeniería Química, p. 1075-1076), mientras que los valores de la presión de vapor tanto para el etanol como para el etilenglicol, por la dificultad de encontrar los valores en tablas, se han calculado mediante la ecuación de Antoine, cuya expresión se muestra a continuación:

$$\ln P^o = A - B / T + C$$

Donde,

P^o = Presión de vapor

A, B, C = coeficientes

T = temperatura (K)

Los coeficientes se han obtenido de una base de datos del libro Perry, Manual del Ingeniero Químico, cuyos valores son los siguientes:

Etanol:

A: 18,9119 B: 3803,98 C: - 41,98

Etilenglicol:

A: 20,2501 B: 6022,18 C: -28,25

Bomba	Altura de la bomba (m)	Perdida de carga (m)	Pv (Pa)	NPSHd (m)
cald-ferm-1	2,634	2,847	70108,1	8,663
cald-ferm-2	3,015	3,228	70108,1	9,425
cald-ferm-3	3,397	3,61	70108,1	10,19
cald-ferm-4	3,787	4	70108,1	10,696
cald-ferm-5	4,157	4,371	70108,1	11,71
cald-ferm-6	4,5386	4,752	70108,1	12,47
cald-ferm-7	4,926	5,135	70108,1	13,24
Ferm-1 -centr.	1,86	3,75	3351	15,59
Ferm-2 -centr.	2,311	4,20	3351	16,498
Ferm-3 -centr.	2,85	4,374	3351	17,211
Ferm-4 -centr.	2,656	4,545	3351	17,188
Ferm-5 -centr.	2,83	4,718	3351	17,535
Ferm-6 -centr.	3	4,89	3351	17,877
Ferm-7 -centr.	3,17	5,06	3351	18,217
centr.-evap	3,03	1,42	3351	14,437
evap-dest-1	10,44	0,425	120808,7	8,878
dest-1 -dest-2	10	0,0045	99783,8	10,20
dest-2 -etanol	6,02	1,95	99783,8	8,17
dest-2 -dest-3	10,1	0,011	17803,87	17,75
dest-3 -agua	8	0,0016	47346,7	13,5
dest-3 -etileng	4,5	0,0041	17803,87	12,14
evap-crist	4,71	3,1	70108,1	10,992
etileng-dest-2	10,2	0,0053	734,20	19,41
cald-agua	10,59	2,48	120808,7	11,08

6. DISEÑO DEL EVAPORADOR

El objetivo de la evaporación es concentrar una disolución consistente en un soluto no volátil y un disolvente volátil. La evaporación se realiza vaporizando una parte del disolvente para producir una disolución concentrada.

En nuestra planta de proceso, la evaporación, se va a utilizar para la concentración del xilitol en la corriente además de separarlo de la mezcla con etanol y agua. La evaporación va a ser función del grado de concentración que debe tener el xilitol para realizar una posterior cristalización.

La corriente de entrada al evaporador, va a proceder de la centrifuga, y va a tener la siguiente composición:

69823,6 kg de agua
8255,5 kg de etanol
3787,99 kg de xilitol

Como hemos citado anteriormente, en el evaporador se va a llevar a cabo la concentración del xilitol, así pues, según visto en la memoria, la concentración ideal para la cristalización del xilitol, es de 730 g/L, entonces, realizando un balance, la cantidad de agua que debe de contener la solución concentrada es de 5189 L de agua.

Cuando realizamos, la evaporación, vamos a suponer que todo el etanol se va a evaporar junto con el agua necesaria, quedando solo en la corriente líquida concentrada xilitol y agua.

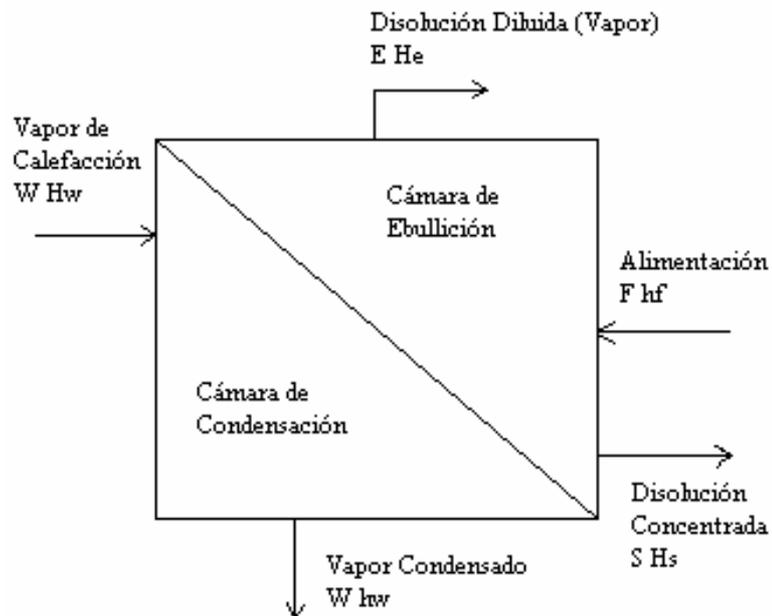
Así pues, vamos a obtener dos corrientes a la salida del evaporador, que tendrán las siguientes características:

Corriente gaseosa:

64634,6 kg de agua
8255,5 kg de etanol

Corriente líquida:

5189 kg de agua
3787,99 kg de xilitol



Donde,

E: disolvente evaporado
W: vapor de agua
F: alimentación del evaporador
S: disolución concentrada

El balance entálpico que se da en el evaporador es el siguiente:

$$W \cdot H_w + F \cdot h_f = W \cdot h_w + E \cdot H_e + S \cdot h_s + Q_{\text{perdido}}$$

Al balance, se le pueden realizar una serie de simplificaciones para que los cálculos sean mas sencillos:

Si sólo hay cambio de fase en el vapor de agua,

$$W (H_w - h_w) = W \cdot \lambda_w$$

Si los calores de cristalización y disolución son despreciables, la entalpía de las corrientes liquidas se pueden conocer a partir de los calores específicos, y si no hay un aumento considerable de la presión en la cámara de ebullición:

T^a ebullición de referencia = T^a de la cámara de ebullición: $S \cdot h_s = 0$

$$h_f = C_{pu} (T_f - T_s)$$

$$H_e = \lambda E$$

Una vez definidos los factores que intervienen en el balance, la expresión queda de la siguiente manera:

$$W \cdot \lambda_w = (F - S) \cdot \lambda E + F \cdot C_{pu} (T_s - T_f)$$

La temperatura de entrada al evaporador de la corriente de alimentación es de 25 °C y la temperatura de salida será de 108 °C.

La cámara de evaporación trabajara a una temperatura de 110 °C.

Los calores de vaporización y condensación tanto del disolvente evaporado como del vapor de calefacción, se obtienen de la tabla A.7 (Anexo gráfico):

$$\lambda_w = 535,62 \text{ kcal / kg}$$

$$\lambda E = 532,38 \text{ kcal / kg}$$

Así pues, la cantidad de vapor necesario para llevar a cabo la evaporación, y por lo tanto la separación del xilitol de la mezcla y la concentración del mismo es:

$$W = \frac{64634,6 \cdot 535,62 + 69823,6 \cdot 1 \cdot (105 - 25)}{523,38} = 75520,2 \text{ kg de vapor de agua}$$

Dicho vapor va a proceder de la caldera, en la cual vamos a generar 230600 kg de vapor, así pues de esa corriente vamos a aprovechar 75520,2 kg de ese vapor para realizar la evaporación y los restantes 155080 se van a condensar para su posterior venta como agua destilada, debido a que en principio no se sabe las empresas que se van a encontrar en las cercanías de nuestra planta de procesos, no se descarta en el futuro la venta de vapor para la utilización del mismo en otras empresas.

Una vez que tenemos la cantidad de vapor necesario, podemos calcular el área que tendrá el evaporador conociendo el coeficiente global de transmisión de calor, mediante la ecuación:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

Según la tabla del anexo gráfico, se muestran valores típicos de coeficientes globales para evaporadores, así, podemos tomar un valor de 3000 W/m²·°C, conociendo que la potencia calorífica es de 70519,75 KW, despejando de la ecuación, obtenemos:

$$A = 283,21 \text{ m}^2$$

7. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR A LA SALIDA DEL EVAPORADOR

La alta temperatura de salida del evaporador que se dirige hacia los cristalizadores requiere la necesidad de enfriar dicha corriente para alcanzar las condiciones óptimas de la cristalización. Dicho enfriamiento lo vamos a realizar mediante un intercambiador de calor, en la cual vamos a tener la corriente de entrada a los cristalizadores a una temperatura de 15 °C, aunque luego el cristizador trabaje a -5 °C, con la influencia del refrigerante, etilenglicol. El fluido refrigerante para el intercambiador, en este caso agua, la vamos a elevar hasta una temperatura de 70 °C que se podrá utilizar para las necesidades de calefacción.

Las temperaturas de las corrientes del intercambiador serán entonces las siguientes:

Fluido caliente: T^a entrada: 82 °C
 T^a salida: 15 °C

Fluido refrigerante: T^a entrada: 15 °C
 T^a salida: 70 °C

El calor necesario retirar por el refrigerante viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$Q = 23,56 \text{ (kg/s)} \cdot 1 \text{ (kcal/kg} \cdot \text{°C)} \cdot (15 - 82) = \\ = - 1507,8 \text{ kcal/s} = - 6308,7 \text{ kW}$$

Según la tabla sita del anexo gráfico, un valor aproximado del coeficiente global de transmisión de calor para un intercambiador fluido-fluido es del orden de 800 – 2500 W/m²·K. Por lo tanto, podemos suponer que nuestro intercambiador va a tener un coeficiente global de transmisión de calor de 2100 W / m² · K

Podemos calcular el área del intercambio de calor conociendo las temperaturas tanto de entrada y de salida de las corrientes y el coeficiente global de transmisión de calor, mediante la expresión:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T_{ml}$$

siendo:

Q = Calor a intercambiar (KW)

A = Área de intercambio de calor (m²)

U = Coeficiente global de transmisión de calor (W / m² · K)

ΔT_{ml} = Incremento de temperatura medio logarítmico (K)

Este ultimo factor, tiene la siguiente expresión:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{c,e} - T_{f,s}) - (T_{c,s} - T_{f,e})}{\ln\left(\frac{T_{c,e} - T_{f,s}}{T_{c,s} - T_{f,e}}\right)}$$

Sustituyendo los valores de las temperaturas, obtenemos:

$$\Delta t_{ml} = 6,49 \text{ K}$$

Despejando el área de la expresión anterior, obtenemos:

$$A = 462,88 \text{ m}^2$$

Las características geométricas del intercambiador son:

Longitud: 5 m

Diámetro de los tubos: 0,1 m

El intercambiador va a ser de tres pasos, a contracorriente y compuesto por 66 tubos, así el área de intercambio de calor será:

$$A_t = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot 3 \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 0,05 \cdot 15 = 7,07 \text{ m}^2 / \text{ tubo}$$

El área total de intercambio de calor será:

$$A = 66 \cdot A_t = 66 \cdot 7,07 = 466,5 \text{ m}^2$$

8. DISEÑO DE LOS CRISTALIZADORES

La cristalización de disoluciones es industrialmente importante dada la gran variedad de materiales que se comercializan en forma cristalina. Su amplia utilización se debe a dos razones: un cristal formado a partir de una disolución impura es esencialmente puro y la cristalización proporciona un método práctico para la obtención de sustancias químicas puras en una condición adecuada para su envasado y su almacenamiento.

No cabe duda que un buen rendimiento y una elevada pureza son dos objetivos importantes de la cristalización, pero el aspecto y el intervalo de tamaños del producto cristalino es también importante.

Un cristal perfectamente formado es totalmente puro, pero cuando se retira el magma final retiene aguas madres por quedar ocluidas en el interior de la masa de sólidos. Cuando las aguas madres retenidas, que son de baja pureza, se secan sobre el producto, se produce contaminación, cuyo alcance depende de la cantidad y grado de pureza de las aguas madres retenidas por los cristales.

En la práctica, una gran cantidad de las aguas madres retenidas se separan de los cristales por filtración o centrifugación, lavando con disolvente fresco. La eficacia de estas etapas de purificación depende del tamaño y uniformidad de los cristales.

El diseño geométrico de los cristalizadores se ha procedido de igual manera que el diseño de los fermentadores, entonces solo se van a mostrar los datos definitivos:

Temperatura diseño (K):	15
Presión diseño (psi):	49,78
Volumen trabajo (m ³):	5,2

Volumen (20% seguridad) (m ³):	6
Diámetro (m):	1,5
Altura (m):	3,5
Espesor	
Longitudinal (in):	0,152
Circunferencial (in):	0,186
Final (in):	0,186
Fondos (m):	H= 11,87 espesor: 0,143
Tapas (m):	H= 11,87 espesor: 0,143
Carga viento (kg/m):	0,748

El cálculo de la cinética de cristalización se ha seguido según el artículo de Converti et al (2002), como se muestra a continuación:

La cinética de cristalización puede ser definida mediante una función de sobresaturación:

$$r = k(X_r - X_r^*)^m$$

Donde:

X_r : concentración de la solución

X_r^* : concentración de saturación a una temperatura dada

k: constante cinética

m: orden de la velocidad de crecimiento

Realizando una serie de simplificaciones, debido a que no se puede aplicar a sistemas ternarios, la ecuación de la velocidad puede ser expresada como:

$$r = -b \frac{dX_r}{dt}$$

Donde b es un parámetro de proporcionalidad dependiente de la temperatura.

Combinando las dos ecuaciones anteriores, obtenemos:

$$\frac{dX_r}{dt} = -k'(X_r - X_r^*)^m$$

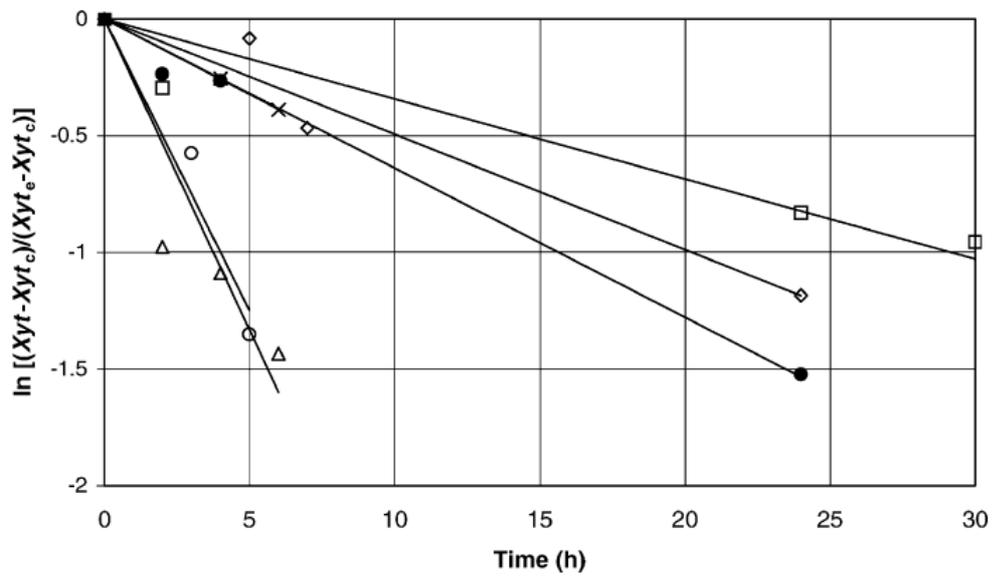
donde k' es la constante cinética de cristalización.

Para tener un mayor conocimiento y exactitud en los datos de cristalización, también se tuvo en cuenta la ecuación de velocidad de segundo orden, así pues, la ecuación de segundo orden sería la siguiente:

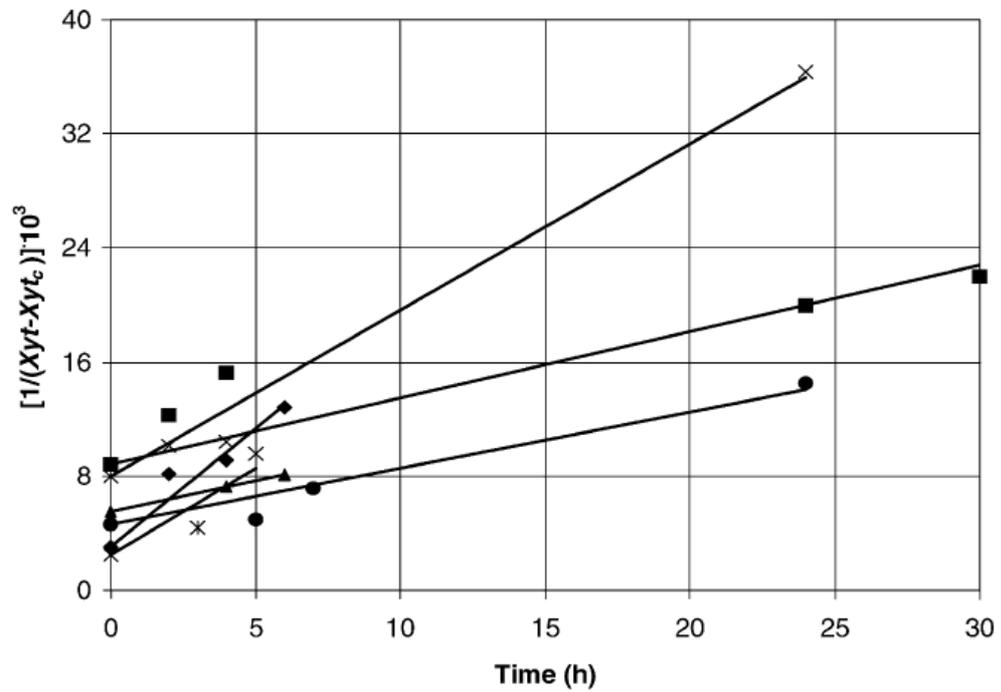
$$\frac{1}{X_{yt} - X_{yt_c}} = \frac{1}{X_{yt_e} - X_{yt_c}} + k't$$

Los datos de la cinética de crecimiento de los cristales se muestran a continuación:

Test	X_{yt_e} (g/l)	T_c (°C)	k' (h^{-1}) $_{m=1}$	r^2	k' ($1g^{-1}h^{-1}$) $_{m=2}$	r^2
4	582	-10	0.049	0.952	0.396	0.955
5	582	-5	0.065	0.999	0.428	0.999
6	582	0	0.034	0.654	0.465	0.760
7	729	-5	0.250	0.956	1.213	0.851
8	729	0	0.266	0.802	1.650	0.928
10	470	-10	0.064	0.991	1.165	0.991

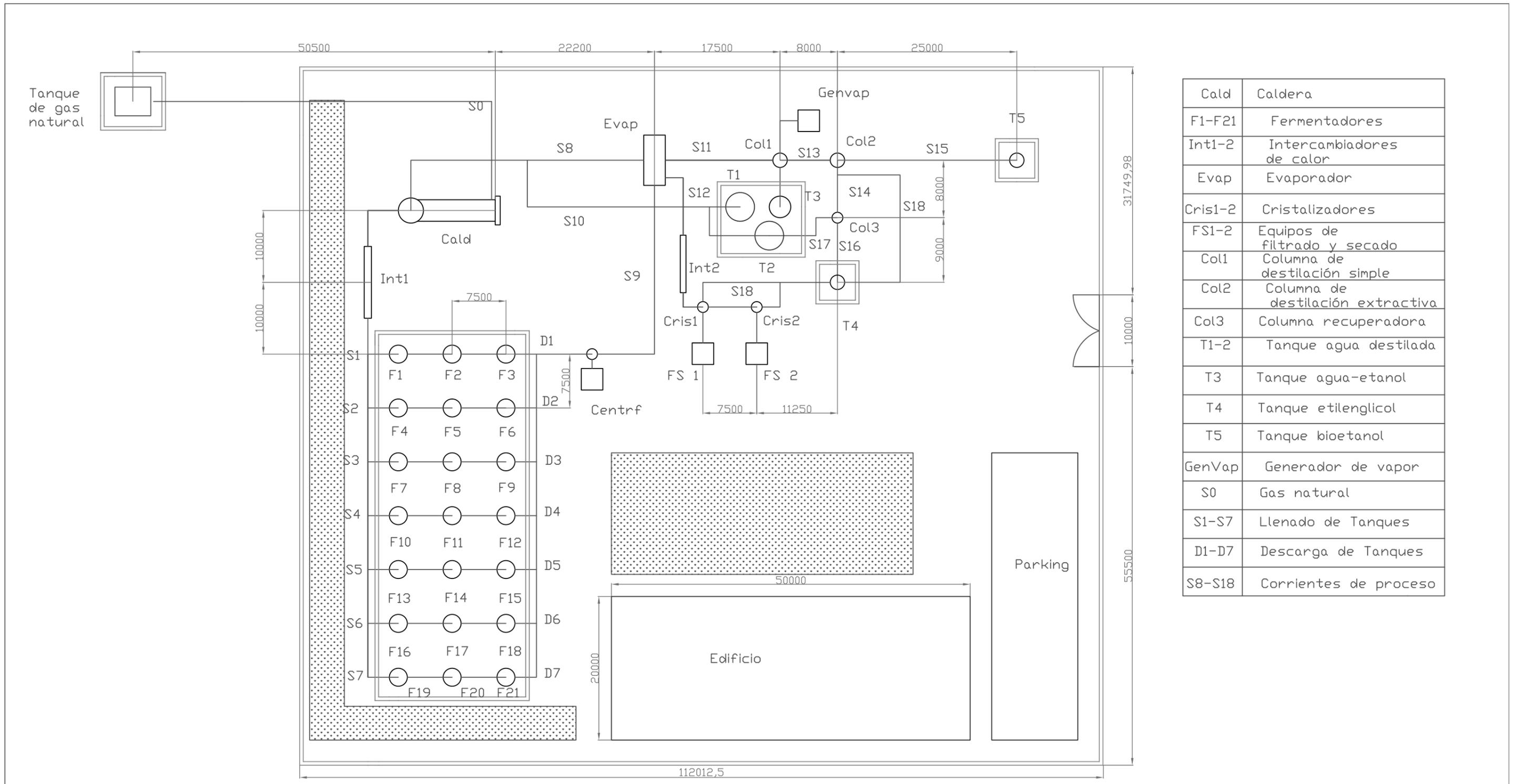


(◇) test no. 4; (×) test no. 5; (□) test no. 6; (○) test no. 7; (△) test no. 8; (●) test no. 10.



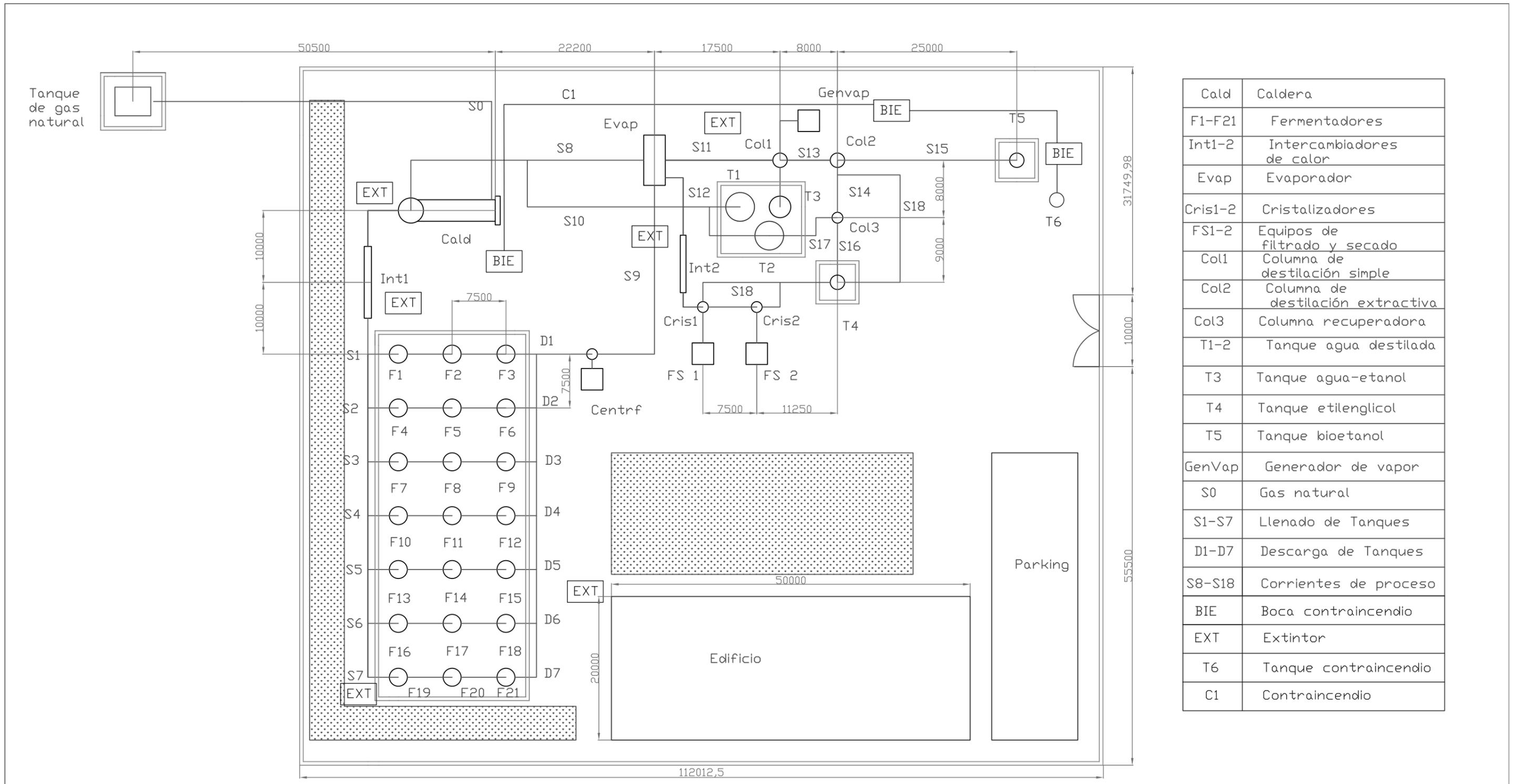
(●) test no. 4; (▲) test no. 5; (■) test no. 6; (✱) test no. 7 (◆) test no. 8; (×) test no. 10.

La temperatura de operación de los cristalizadores es de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, debido a esto, se va a utilizar un fluido refrigerante, que en nuestro caso se va a tratar de etilenglicol, debido a que se utiliza en otra etapa del proceso y por ello una parte de la cantidad que se utiliza, se va a dedicar a la refrigeración de los cristalizadores.



Cald	Caldera
F1-F21	Fermentadores
Int1-2	Intercambiadores de calor
Evap	Evaporador
Cris1-2	Cristalizadores
FS1-2	Equipos de filtrado y secado
Col1	Columna de destilación simple
Col2	Columna de destilación extractiva
Col3	Columna recuperadora
T1-2	Tanque agua destilada
T3	Tanque agua-etanol
T4	Tanque etilenglicol
T5	Tanque bioetanol
GenVap	Generador de vapor
S0	Gas natural
S1-S7	Llenado de Tanques
D1-D7	Descarga de Tanques
S8-S18	Corrientes de proceso

Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Planta			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 01	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



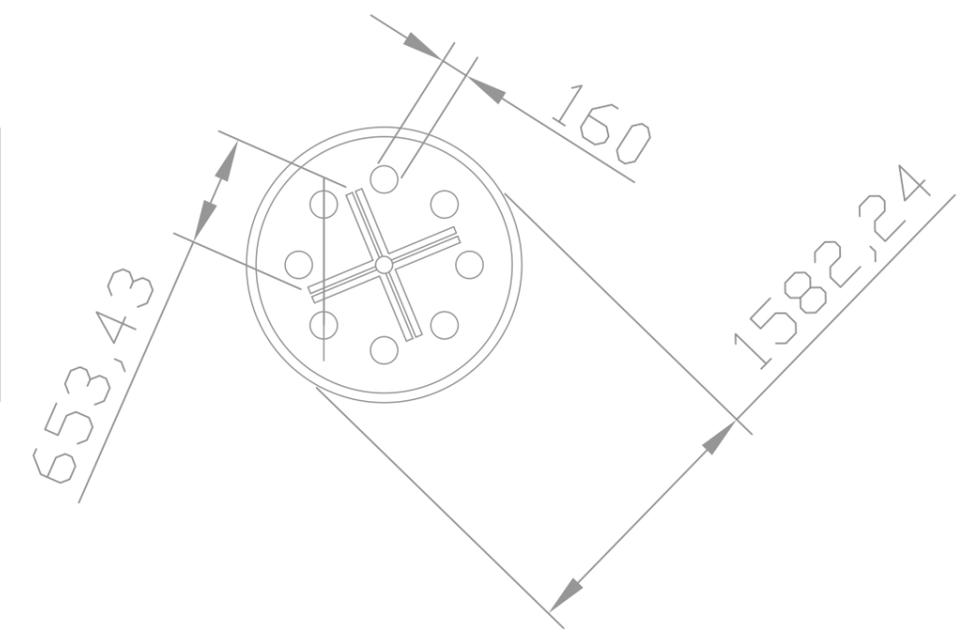
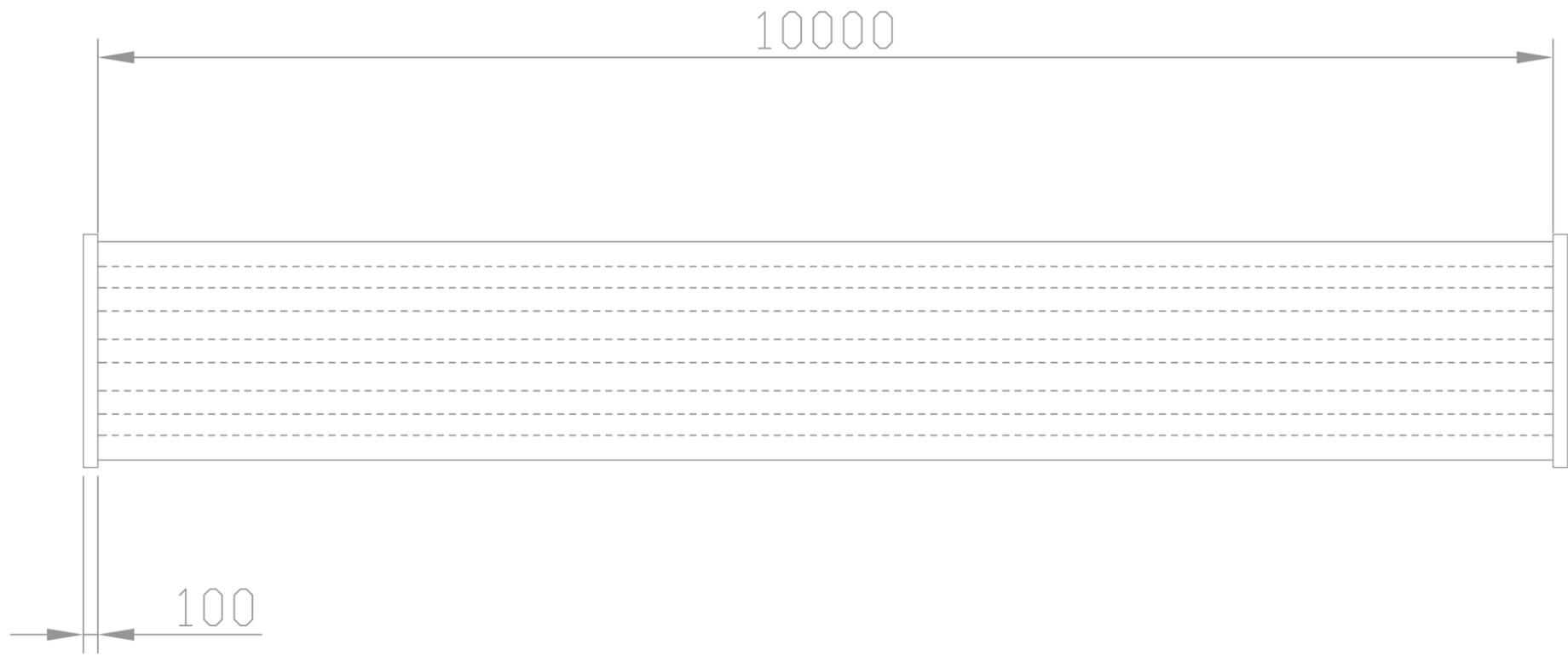
Cald	Caldera
F1-F21	Fermentadores
Int1-2	Intercambiadores de calor
Evap	Evaporador
Cris1-2	Cristalizadores
FS1-2	Equipos de filtrado y secado
Col1	Columna de destilación simple
Col2	Columna de destilación extractiva
Col3	Columna recuperadora
T1-2	Tanque agua destilada
T3	Tanque agua-etanol
T4	Tanque etilenglicol
T5	Tanque bioetanol
GenVap	Generador de vapor
S0	Gas natural
S1-S7	Llenado de Tanques
D1-D7	Descarga de Tanques
S8-S18	Corrientes de proceso
BIE	Boca contraincendio
EXT	Extintor
T6	Tanque contraincendio
C1	Contraincendio

Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera

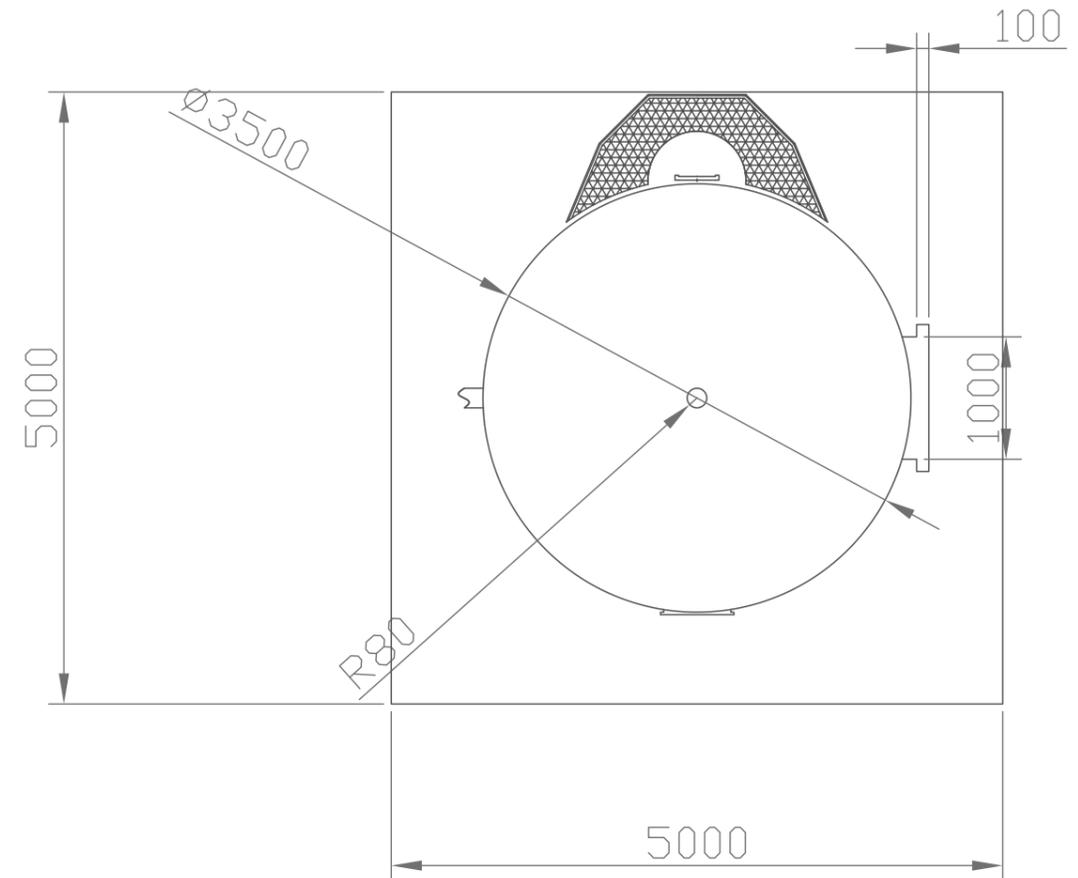
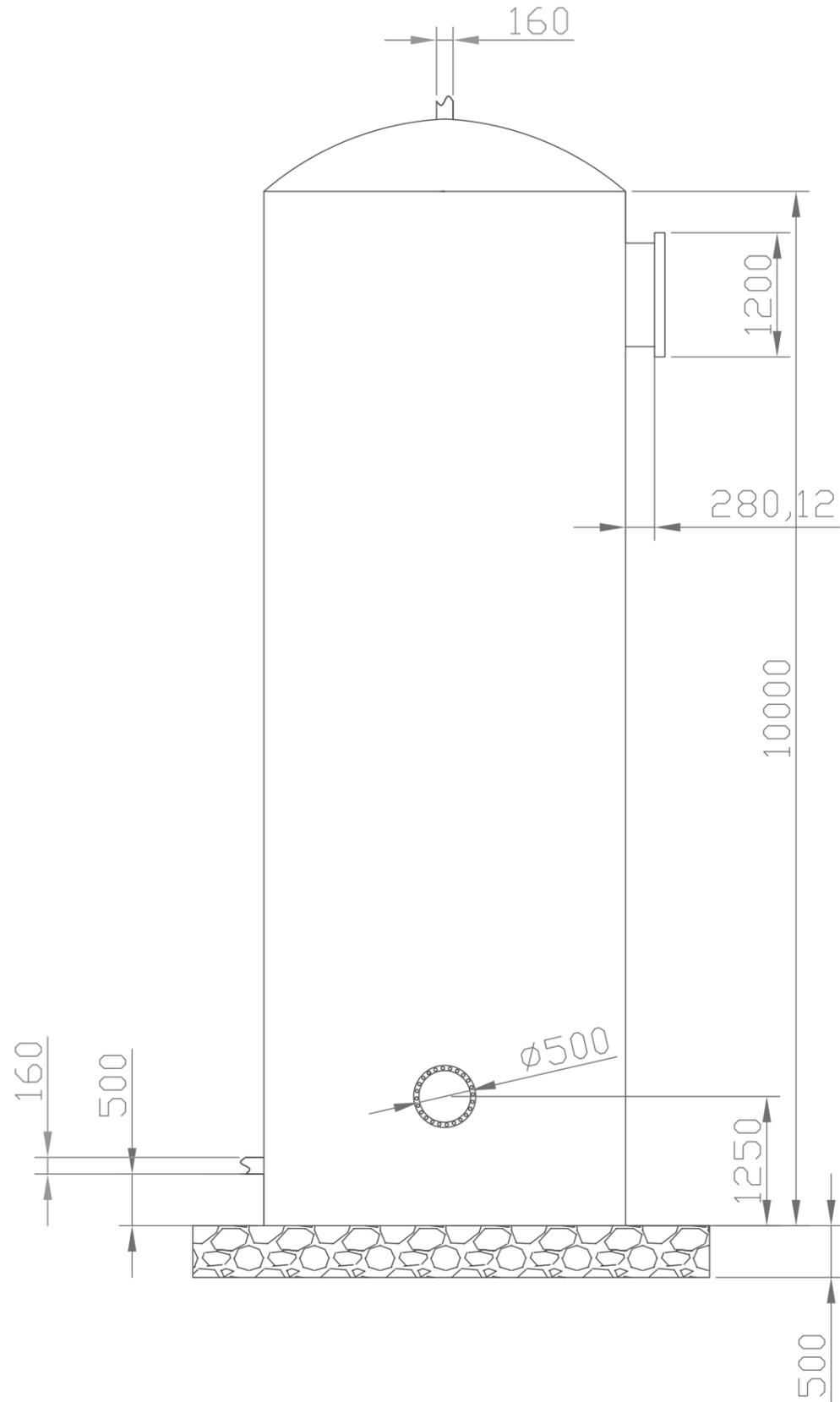
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.

TITULO: Planta contraincendio

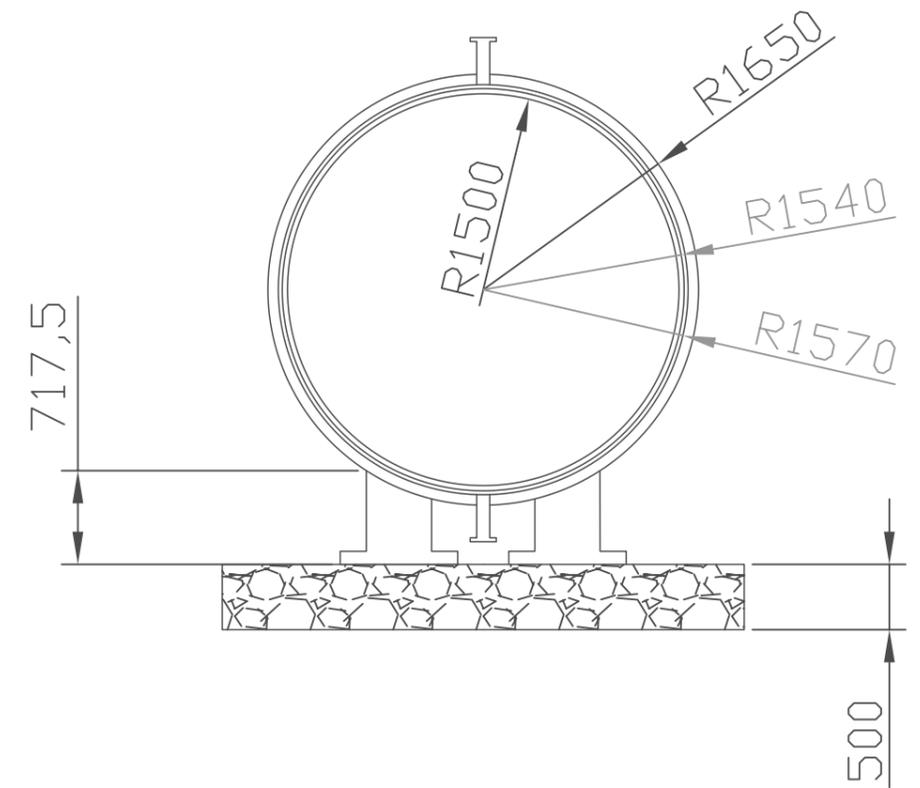
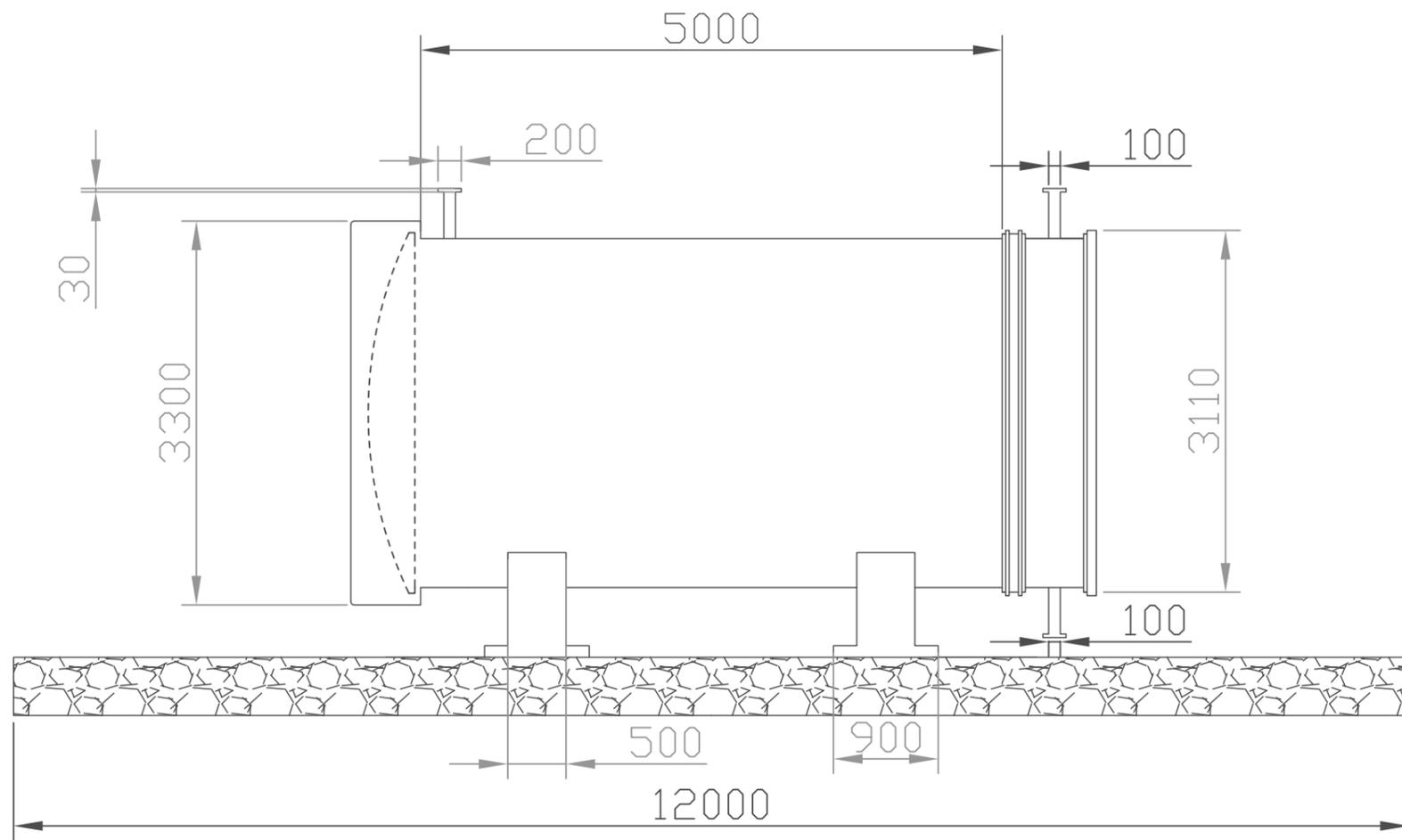
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 02	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



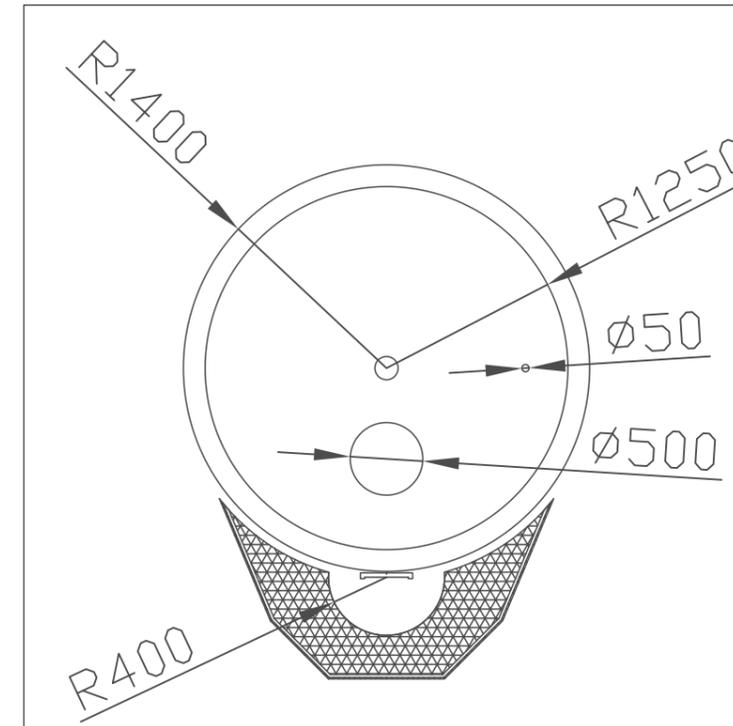
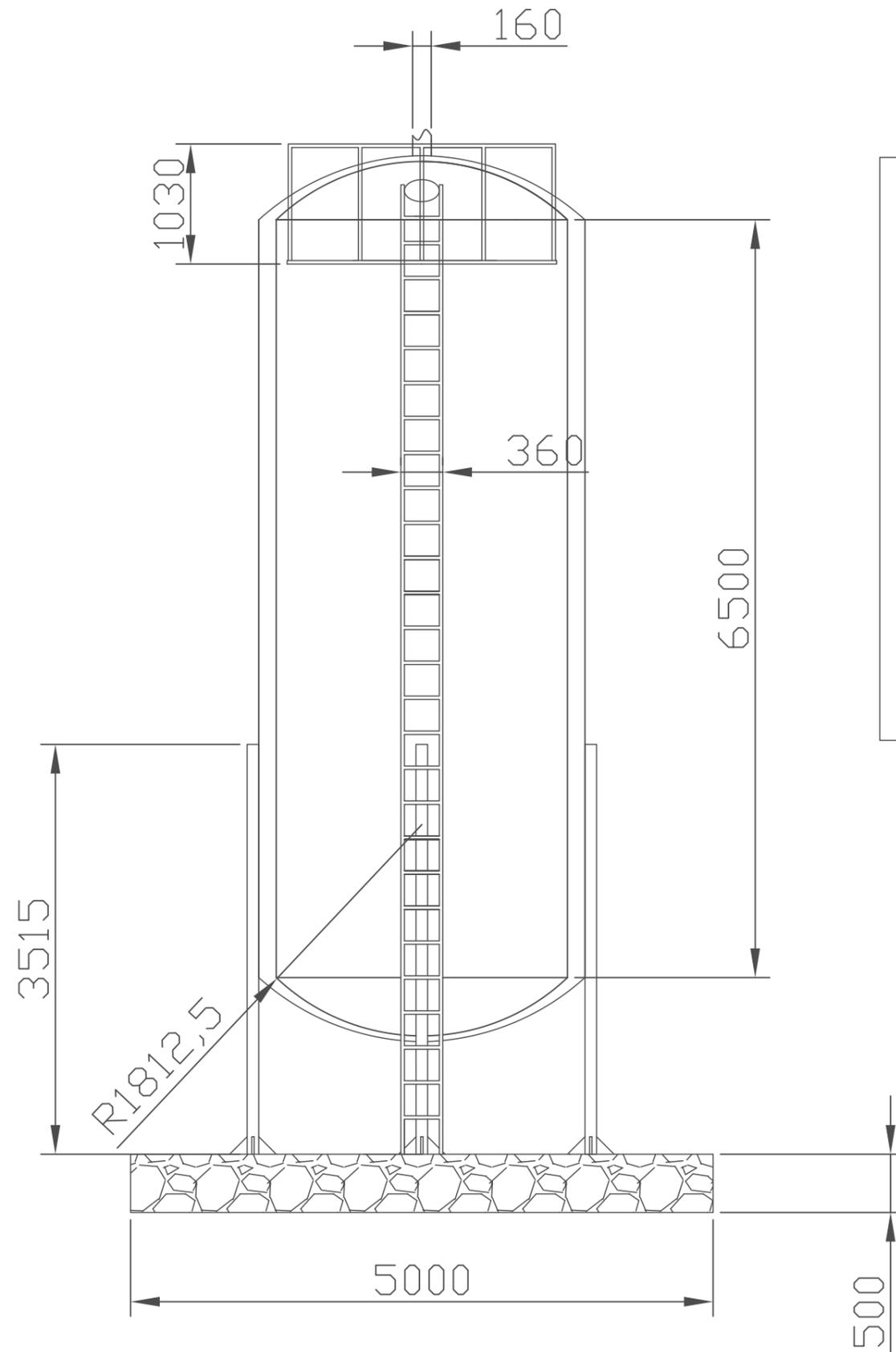
Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Caldera			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 03	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



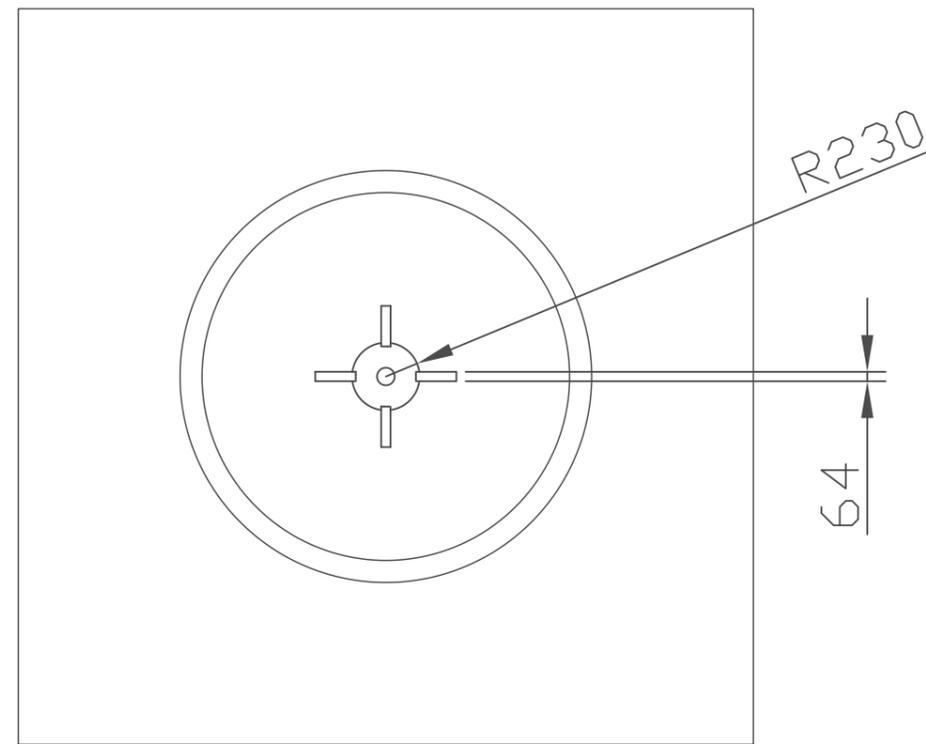
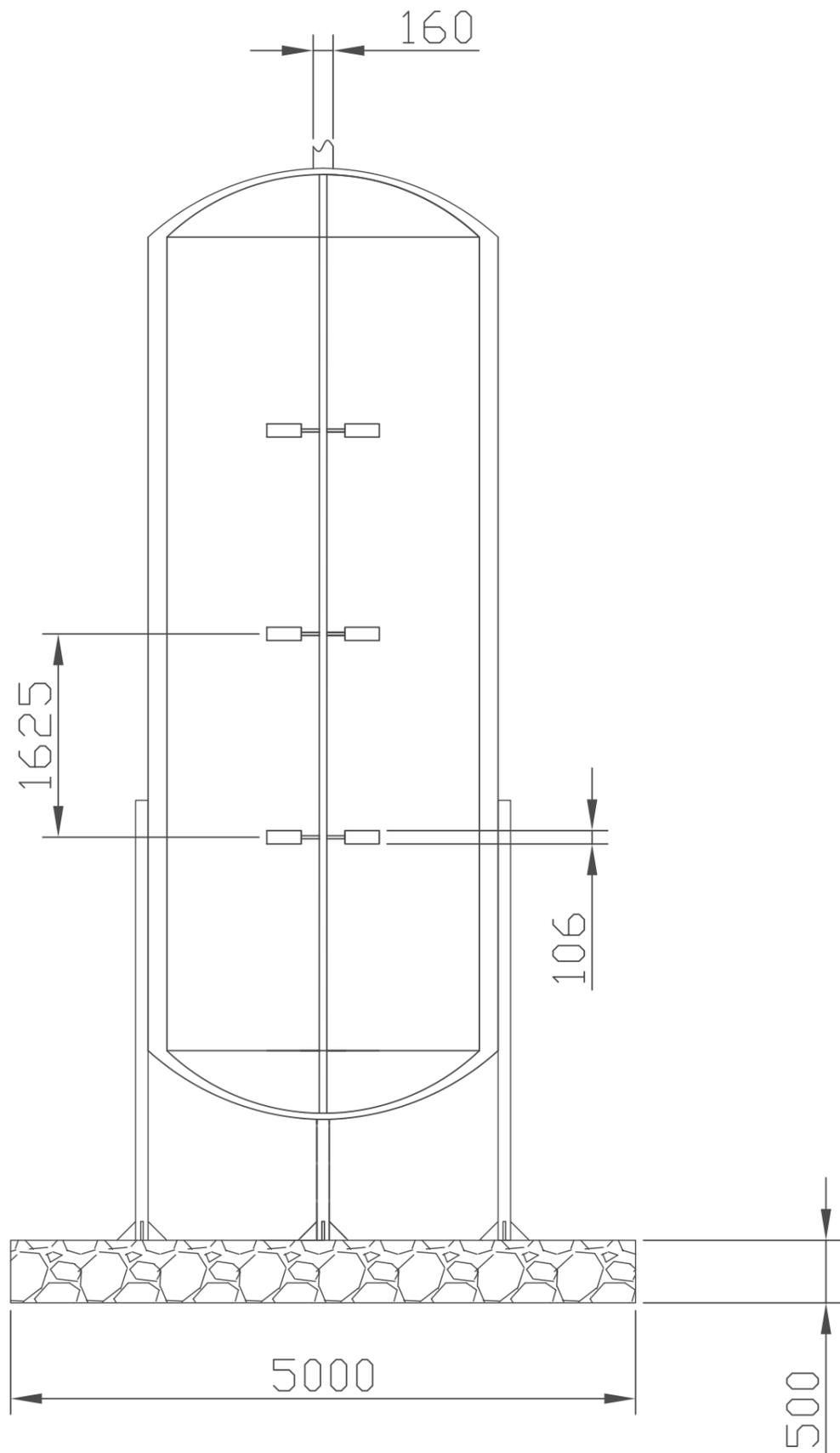
Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Tanque de la caldera			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 04	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



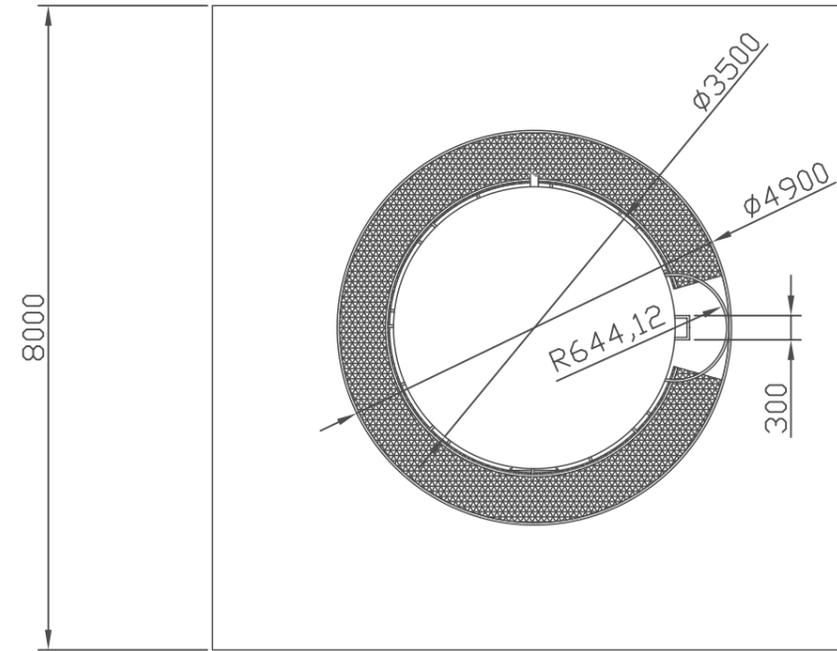
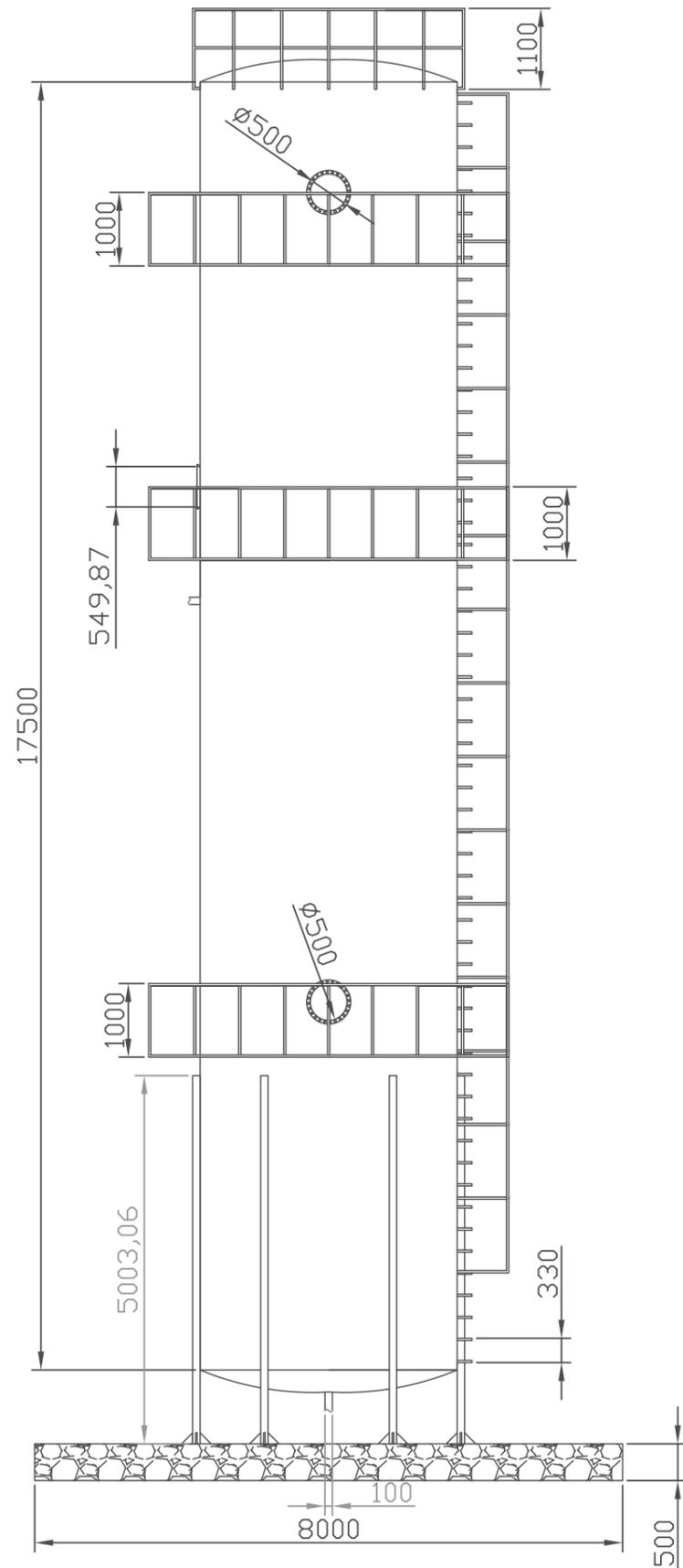
Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Intercambiador			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 05	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



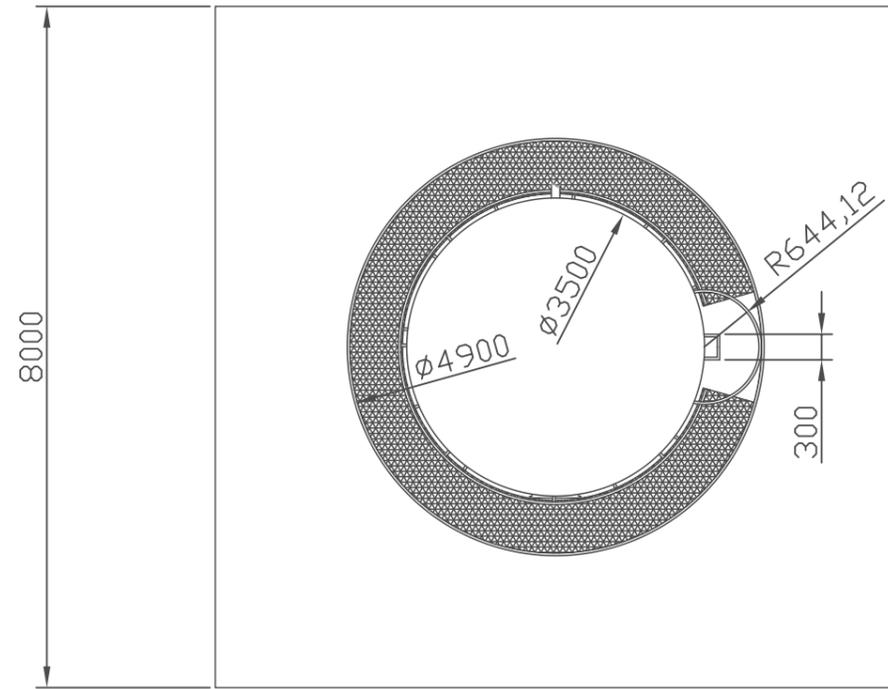
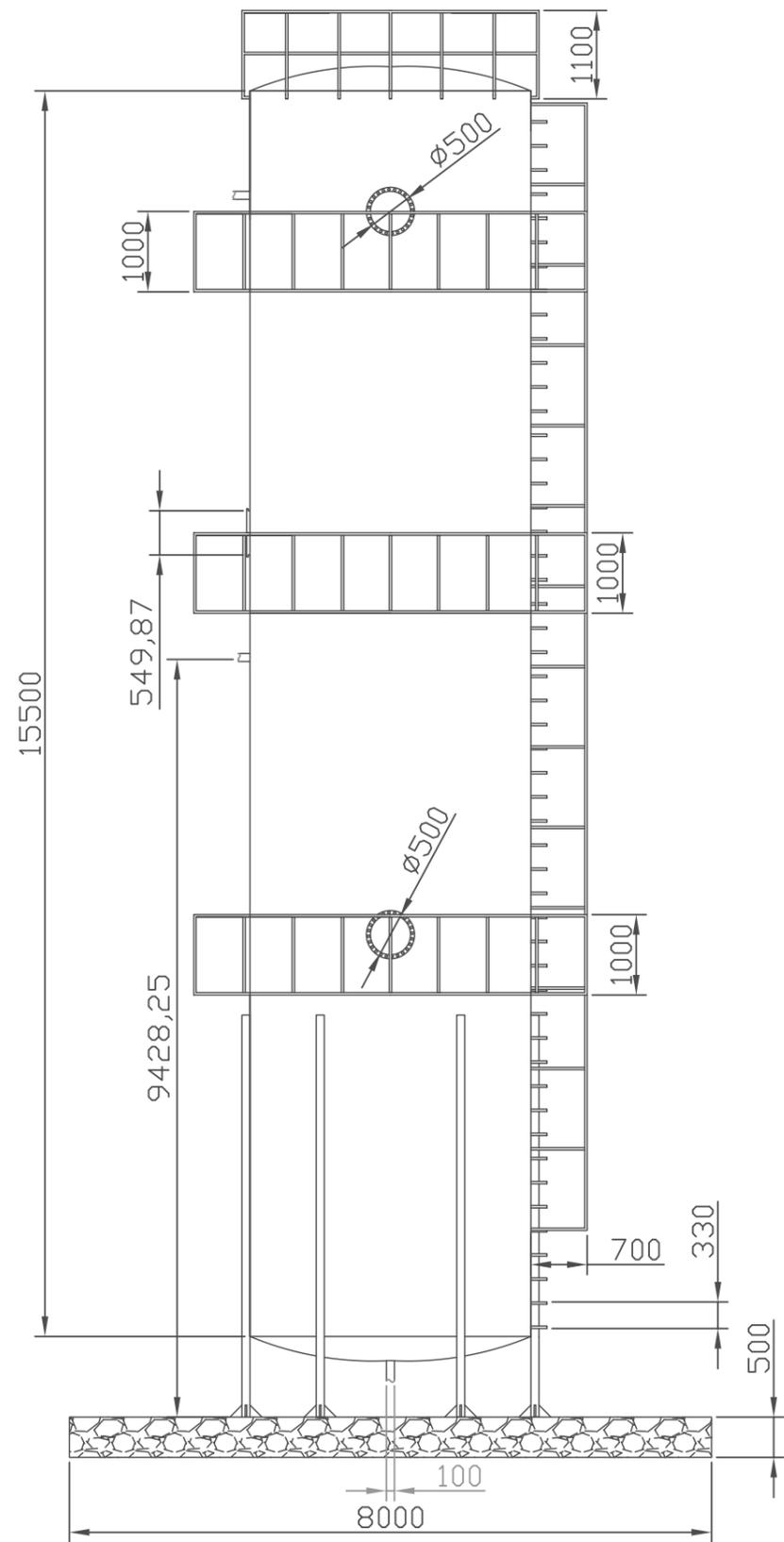
Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Fermentador			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 06	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



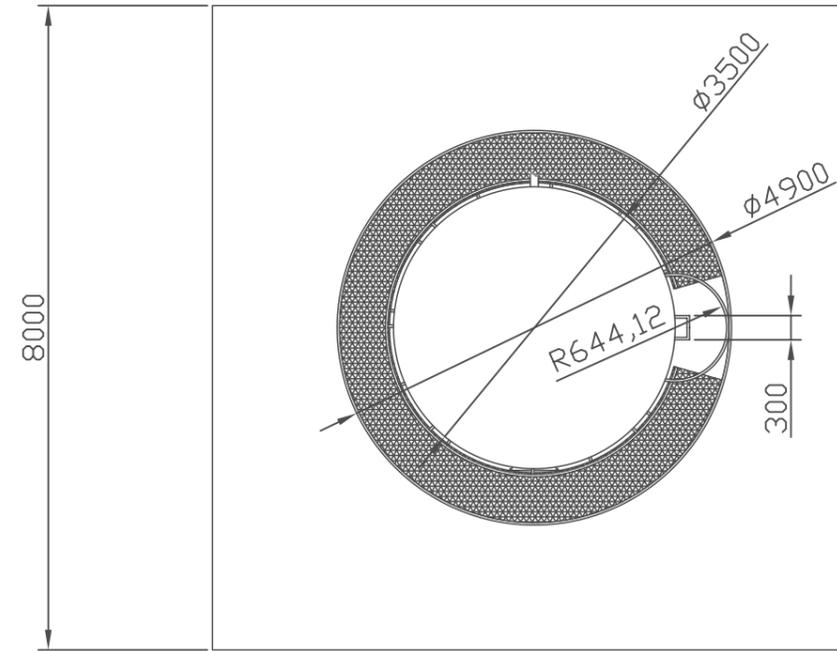
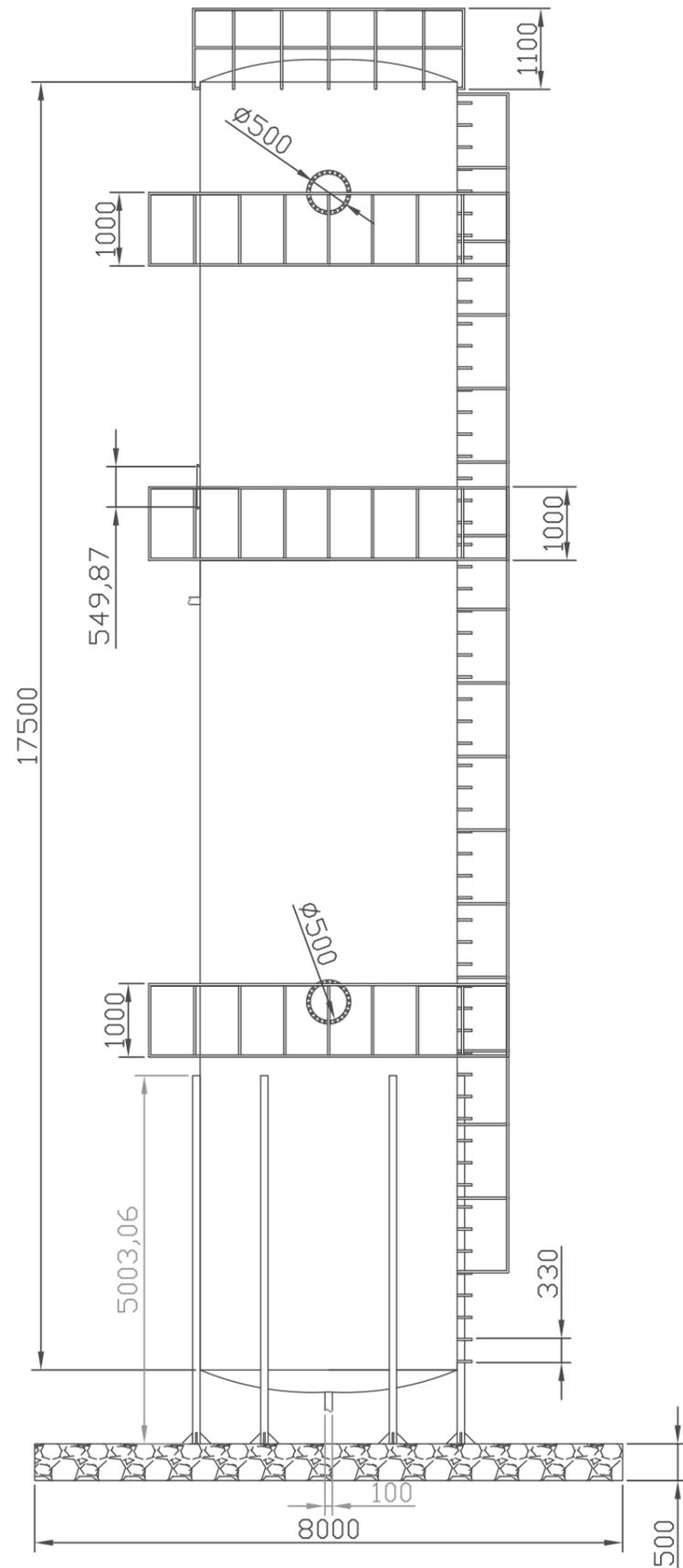
Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Sistema de agitación			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 07	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



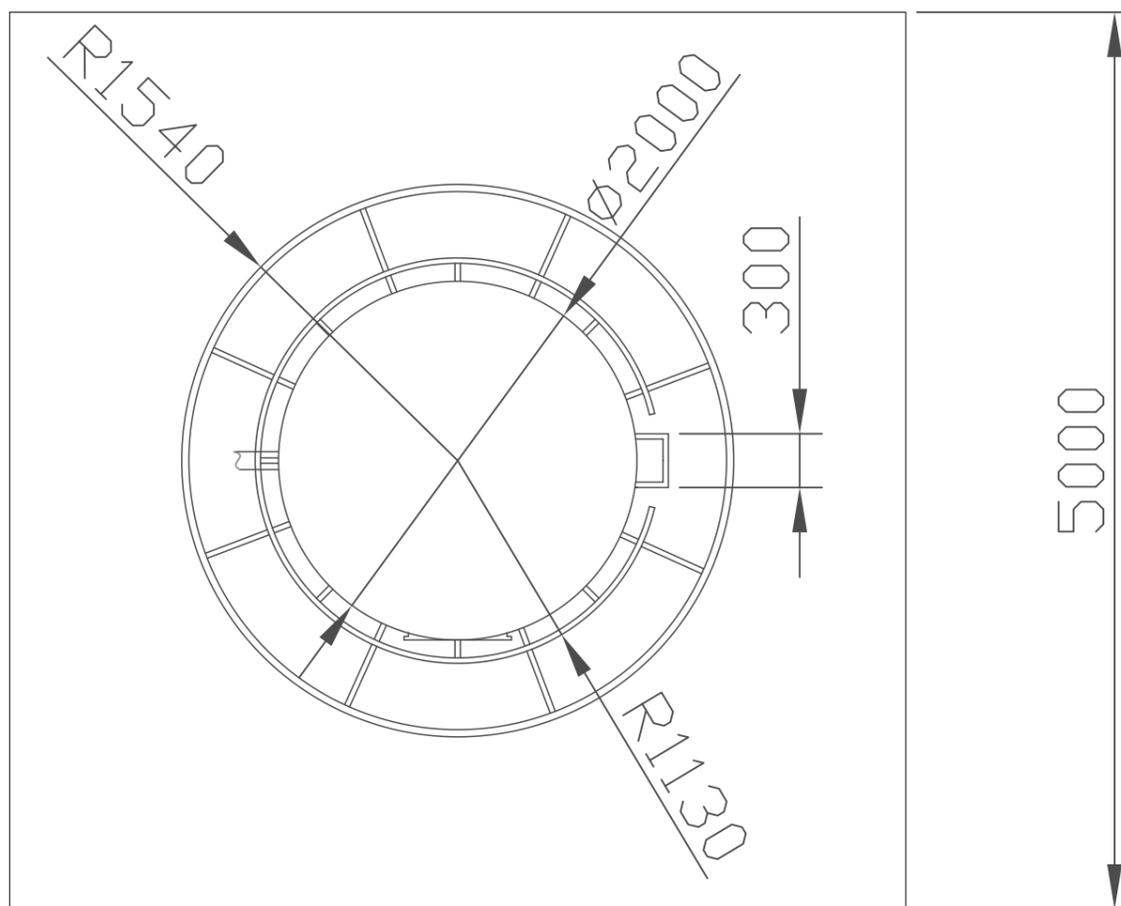
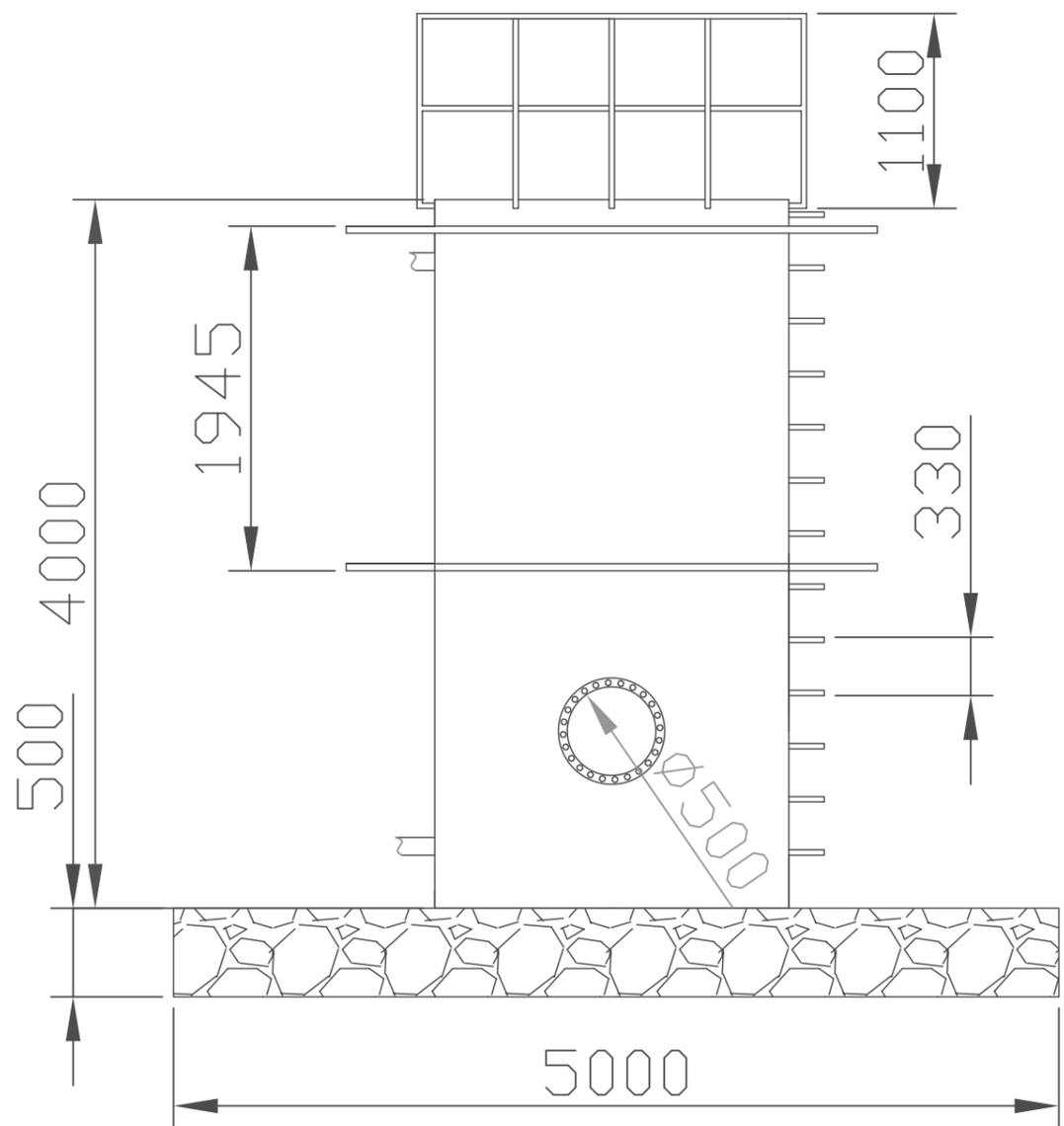
Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Columna de destilación simple			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 08	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



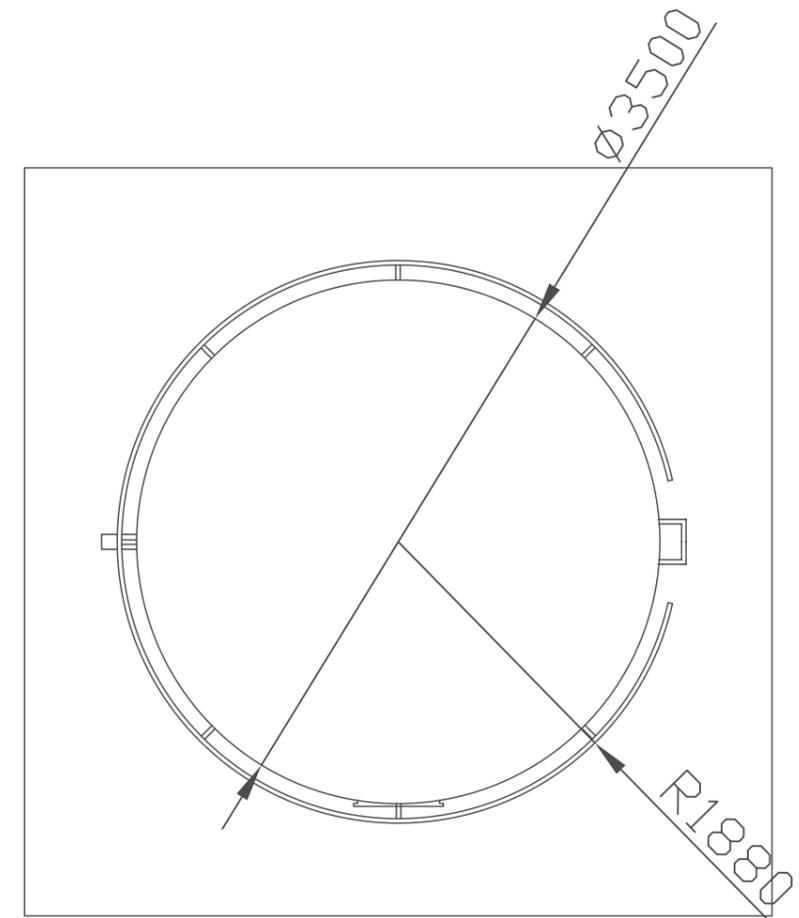
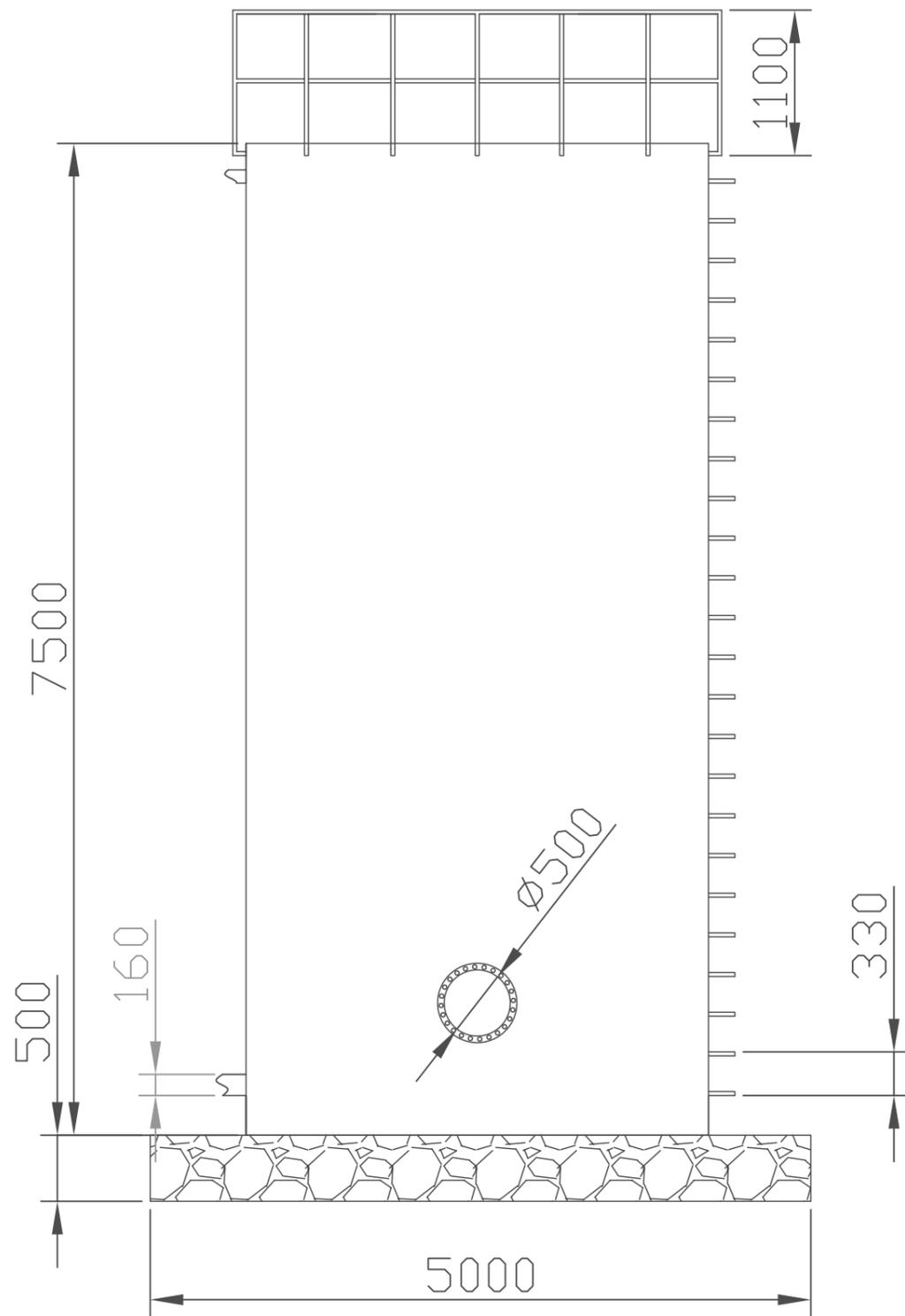
Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Columna de destilación extractiva			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 09	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



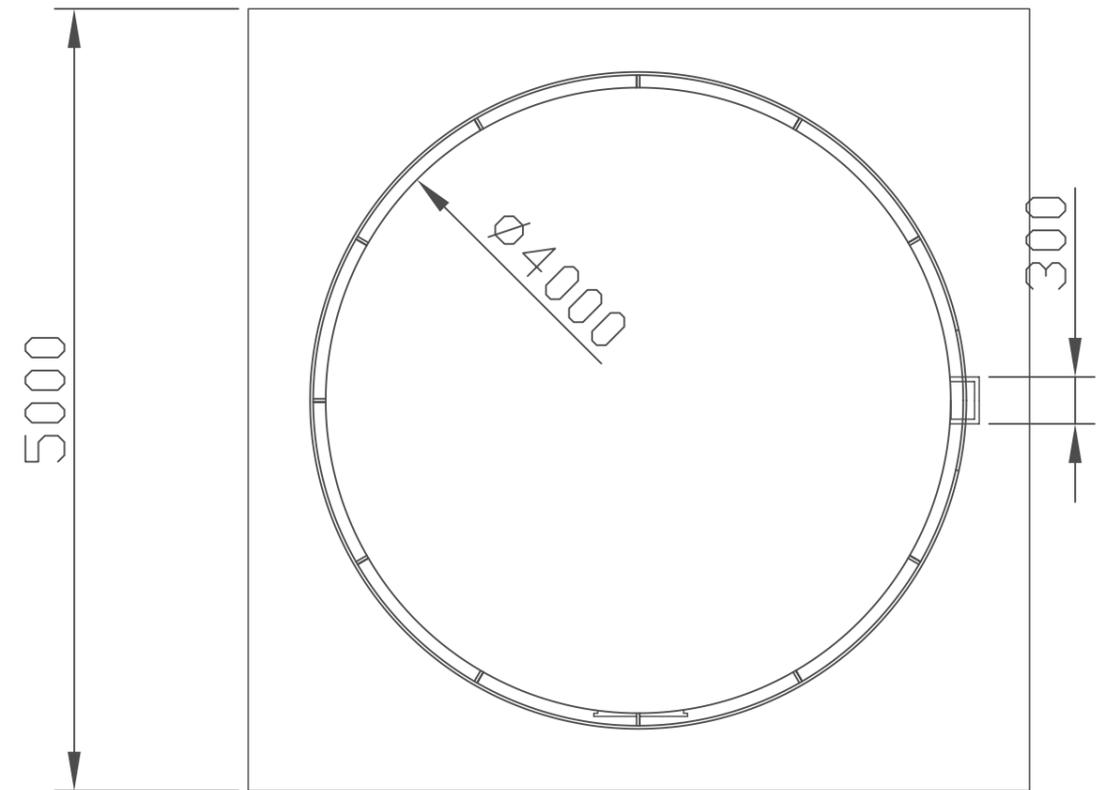
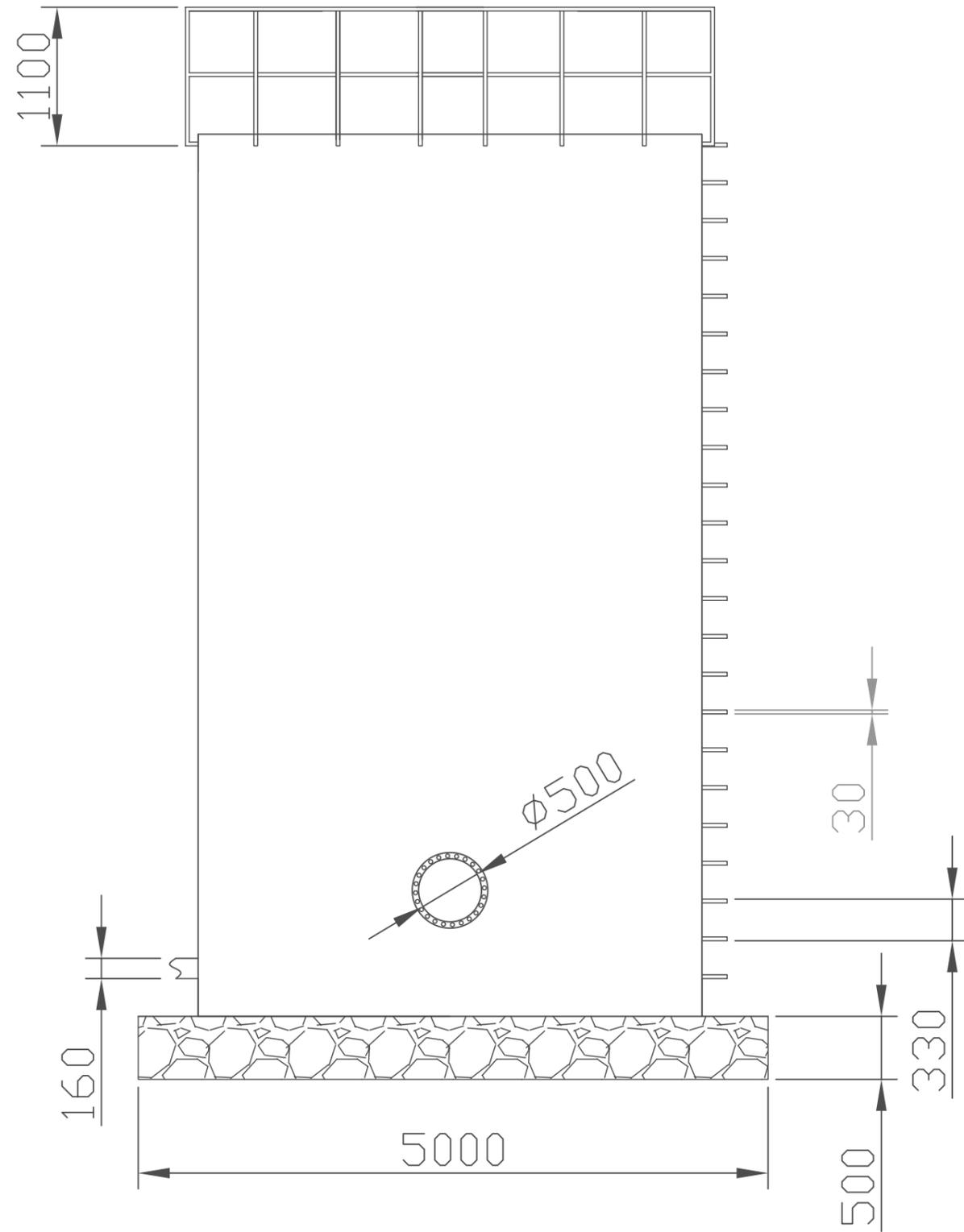
Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Columna recuperadora			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 10	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Tanque almacenamiento bioetanol			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 11	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Tanque de almacenamiento de agua-etanol			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 12	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro



Universidad de Cádiz - Proyecto Fin de Carrera			
Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol.			
TITULO: Tanque de almacenamiento de agua destilada			
Escala 1:10	Fecha	Nº plano: 13	Revisado:
Ingeniero: Manuel Salado Manzorro		Firma:	Manuel Salado Manzorro

Parte III
PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1	DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO	287
1.1	ANTECEDENTES	287
1.2	OBJETO	287
1.3	CUERPO NORMATIVO	287
1.4	DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS	291
1.5	COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE DICHOS DOCUMENTOS	292
2	CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS	293
2.1	OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA.	293
2.2	FACULTADES DE LA DIRECCION TÉCNICA	296
2.3	DISPOSICIONES VARIAS	298
3	CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS	302
3.1	VALORACIONES	303
4	CONDICIONES GENERALES LEGALES	307
4.1	RECEPCIÓN DE OBRAS	307
4.2	CARGOS AL CONTRATISTA	308
4.3	DISPOSICIONES VARIAS	309
5	CONDICIONES TÉCNICAS	312
5.1	CONDICIONES GENERALES	312
5.2	CONTROL DE CALIDAD	318
5.3	MATERIALES Y UNIDADES DE OBRA NO ESPECIFICADAS	318
6	CUMPLIMIENTO DE LOS PLAZOS.	320
7	PLAN DE OBRA Y RELACIÓN DE MAQUINARIA	321
7.1	MATERIALES EN DEPÓSITO	321
7.2	MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES	321
8	MANUALES DE MANTENIMIENTO Y PLANOS DEFINITIVOS	322

1 DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO

1.1 ANTECEDENTES

El presente documento hace referencia al diseño de una planta para la obtención de etanol anhidro a partir de residuos de cosecha de girasol a los cuales se le ha realizado un hidrolizado anterior. Cuya construcción se llevará a cabo en el polígono de “ Las Aletas “ situado en el municipio de Puerto Real (Cádiz).

1.2 OBJETO

El presente pliego regirá en unión de las disposiciones que con carácter general y particular se indican, y tienen por objeto la ordenación de las condiciones técnico-facultativas que han de regir en la ejecución de las obras del proyecto de construcción de la planta en la población.

1.3 CUERPO NORMATIVO

El cuerpo normativo de aplicación en la ejecución de las obras objeto del presente proyecto será el formado por toda la legislación de obligado cumplimiento que le sea de aplicación en la fecha de la forma del Contrato de adjudicación de las obras.

así pues, se citan la normativa que corresponde a cada uno de los aspectos en los que se basa tanto la construcción y la producción de la citada planta de proceso:

Estructuras de hormigón, fábricas, solados...

- Norma MV-101/1962. “Acciones en la Edificación”. Decreto 195/1963 del Mº de la Vivienda.

- Ley 6/1998, de 13 de Abril, sobre régimen del suelo y valoraciones.
- Ley 1/1997, de 18 de Junio, por la que se adoptan con carácter urgente y transitorio disposiciones en materia de régimen de suelo y ordenación urbana en Andalucía.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Norma EH-91: “Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón en Masa y Armado”.
- Norma Básica de la Edificación NBE-FL-90. “Muros resistentes de Fábricas de Ladrillo” R.D. 1723/1990 de 20 de Diciembre (BOE 4.1.91).
- Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-94). R.D. 2543/1994 de 29 de Diciembre (BOE 8.2.1996).

Abastecimiento de aguas y vertido.

Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tubería de abastecimiento de agua. Orden del MOPU de 28 de Julio (BOE 2.10.74 – 3.10.74 – 30-10-74).
- Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua del Mº de Industria.

Instalaciones eléctricas.

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas Técnicas de Construcción y Montaje de las Instalaciones Eléctricas de Distribución de Sevillana de Electricidad.

Estructuras de Acero.

- Norma NBE EA - 95. “Estructuras de Acero en Edificación”. R.D. 1829/1995, de 1995.
- Normas Tecnológicas de la Edificación.
- Aparatos a presión.
- Reglamento de Aparatos a Presión (R.A.P.). R.D. 1244/79 del Mº de Industria y Energía.

Protección contra incendios.

- N.B.E. C.P.I-96. “ Condiciones de Protección Contra Incendios en los Edificios” del M. O. P. T.
- P.C.I - “Protección Contra Incendios en los Establecimientos Industriales”.

- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios R.D. 1942/1993 (BOE 14.12.93).
- Normas Tecnológicas de la Edificación.

Medio ambiente.

- Norma Básica de Edificación NBE-CA-88 sobre condiciones acústicas en los edificios. Orden del MOPU de 29 de Septiembre de 1988 (BOE 7.9.81 – 3.9.82– 7-10.82 – 8.10.88).
- Ley 7/1994 de 18 de Mayo, de Protección Ambiental.
- Decreto 153/1996 de 30 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento de Informe Ambiental.

Seguridad y Salud.

- Ley de 31/1995, de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Si entre la normativa de aplicación existiesen discrepancias, se aplicarán las más restrictivas, salvo que por parte de la Dirección Facultativa se manifieste por escrito lo contrario en el Libro de Ordenes.

Si entre la normativa de aplicación existiese contradicción será la Dirección Facultativa quien manifieste por escrito la decisión a tomar en el Libro de Ordenes.

Será responsabilidad del Contratista cualquier decisión tomada en los supuestos anteriores si esta no está firmada en el Libro de Ordenes por la Dirección Facultativa y por tanto estará obligado a asumir las consecuencias que deriven de las órdenes que debe tomar la Dirección Facultativa para corregir la situación creada.

1.4 DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS

El presente pliego, conjuntamente con los otros documentos, Memoria, Planos y Mediciones y Presupuesto, forman el proyecto que servirá de base para la ejecución de las obras. Los planos constituyen los documentos que definen la obra en forma geométrica y cuantitativa.

1.5 COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE DICHOS DOCUMENTOS

Lo mencionado en los Pliegos de Condiciones y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre los Planos y el Pliegos de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en estos últimos.

Las omisiones en Planos y Pliegos de Condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de obra que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu o la intención expuestos en los Planos y Pliego de Condiciones, o que, por uso y costumbre, deben ser realizados, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar esos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliegos de Condiciones sin que suponga variación en el presupuesto de la unidad o el capítulo.

2 CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS

2.1 OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA.

Art. 1. Condiciones técnicas.

Las presentes condiciones técnicas serán de obligada observación por el contratista a quien se adjudique la obra, el cual deberá hacer constar que las conoce y que se compromete a ejecutar la obra con estricta sujeción a las mismas en la propuesta que formule y que sirva de base a la adjudicación.

Art. 2. Marcha de los trabajos.

Para la ejecución del programa de desarrollo de la obra, el contratista deberá tener siempre en la obra un número de obreros proporcionado a la extensión de los trabajos y clases de estos que estén ejecutándose.

Art. 3. Personal.

Todos los trabajos han de ejecutarse por personas especialmente preparadas. Cada oficio ordenará su trabajo armónicamente con los demás procurando siempre facilitar la marcha de los mismos, en ventaja de la buena ejecución y rapidez de la construcción, ajustándose a la planificación económica prevista en el proyecto.

El contratista permanecerá en la obra durante la jornada de trabajo, pudiendo estar representado por un encargado apto, autorizado por escrito, para recibir instrucciones verbales y firmar recibos y planos o comunicaciones que se lo dirijan.

Art. 4. Precauciones a adoptar durante la construcción.

Las precauciones a adoptar durante la construcción serán las previstas en la reglamentación sobre seguridad y salud en el trabajo y prevención de riesgos laborales. (vease “Estudio de Seguridad e Higiene”)

El contratista se sujetará a las leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a los que se dicten durante la ejecución de las obras.

Art. 5. Responsabilidades del contratista.

En la ejecución de las obras que se hayan contratado, el contratista será el único responsable, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio a que pudiera costarle, ni por las erradas maniobras que cometiese durante la construcción, siendo de su cuenta y riesgo e independiente de la inspección del Ingeniero. Asimismo será responsable ante los Tribunales de los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran, tanto en la construcción como en los andamios, ateniéndose en todo a las disposiciones y leyes comunes sobre la materia.

Art. 6. Desperfectos en propiedades colindantes.

Si el contratista causase algún defecto en propiedades colindantes tendrá que restaurarlas por su cuenta dejándolas en el estado en que las encontró al comienzo de la obra. El contratista adoptará cuantas medidas encuentre necesarias para evitar la caída de operarios, desprendimiento de herramientas y materiales que puedan herir o matar a alguna persona.

Art. 7. Seguro de incendios.

Queda obligado el contratista a asegurar las obras en Compañía de reconocida solvencia inscrita en el Registro de Ministerio de Hacienda en virtud de la vigente Ley de Seguros. En caso de no asegurar las obras se entiende que es el contratista el asegurador.

La póliza habrá de extenderse con la condición especial de que si bien el contratista la suscribe con dicho carácter es requisito indispensable que, en caso de siniestros una vez justificada su cuantía, el importe íntegro de la indemnización lo cobre la entidad propietaria, para ir pagando la obra que se reconstruya a medida que esta se vaya realizando, previas las certificaciones facultativas, como los demás trabajos de la construcción.

Art. 8. Obligaciones no especificadas.

Es obligación del contratista ejecutar cuanto sea necesario para la terminación completa y buena construcción y aspecto de las obras, aunque algún detalle complementario no se halle expresamente determinado en estas condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero-Director.

Las dudas que pudieran ocurrir en las condiciones y demás documentos del contrato se resolverán por el Ingeniero-Director así como la inteligencia e interpretación de los planos, detalles y descripciones debiendo someterse el contratista a lo que dicho facultativo decida.

Art. 9. Documentos que puede reclamar el contratista.

El contratista conforme a lo dispuesto en el Pliego de Condiciones, podrá sacar a sus expensas copias de los documentos del Proyecto de Contrata, cuyos originales le serán facilitadas por el Ingeniero-Director, el cual autorizará con su firma las copias, si el contratista las desea.

Art. 10. Seguros.

El contratista estará asegurado en Compañía solvente para cubrir todos los accidentes que ocurran en la obra, si la Compañía no los abonase, los abonará el contratista directamente.

En cualquier momento estos documentos podrán ser exigidos por la propiedad y la Dirección Facultativa.

2.2 FACULTADES DE LA DIRECCION TÉCNICA

Art. 1. Interpretación de los documentos de Proyecto.

El contratista queda obligado a que todas las dudas que surjan en la interpretación de los documentos del Proyecto o posteriormente durante la ejecución de los trabajos serán resueltas por la Dirección Facultativa de acuerdo con el "Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura", Pliego de Condiciones que queda en su articulado incorporado al presente de Condiciones Técnicas.

Las especificaciones no descritas en el presente Pliego con relación al Proyecto deben considerarse como datos en cuenta en la formulación del Presupuesto por parte de la Empresa que realice las obras así como el grado de calidad de las mismas.

En las circunstancias en que se vertieran conceptos en los documentos escritos que no fueran reflejados en los Planos del Proyecto, el criterio a seguir lo decidirá la Dirección Facultativa de las obras, recíprocamente cuando en los documentos gráficos aparecieran conceptos que no se ven reflejados en los documentos escritos, la especificación de los mismos, será decidida por la Dirección Facultativa de las obras.

La Contrata deberá consultar previamente cuantas dudas estime oportunas para una correcta interpretación de la calidad constructiva y de características del Proyecto.

Art. 2. Aceptación de materiales.

Los materiales serán reconocidos antes de su puesta en obra por la Dirección Facultativa, sin cuya aprobación no podrán emplearse en dicha obra; para ello la contrata proporcionará al menos dos muestras para su examen por parte de la Dirección Facultativa, ésta se reserva el derecho de desechar aquellos que no reúnan las condiciones que a su juicio, no considere aptas. Los materiales desechados serán retirados de la obra en el plazo más breve. Las muestras de los materiales una vez que hayan sido aceptados, serán guardados juntamente con los certificados de los análisis para su posterior comparación y contraste.

Art. 3. Mala ejecución.

Si a juicio de la Dirección Facultativa hubiera alguna parte de la obra mal ejecutada, el contratista tendrá la obligación de demolerla y volverla a realizar cuantas veces sea necesario, hasta que quede a satisfacción de dicha Dirección, no otorgando estos aumentos de trabajo derecho a percibir ninguna indemnización de ningún género, aunque las condiciones de mala ejecución de la obra se hubiesen notado después de la recepción provisional, sin que ello pueda repercutir en los plazos parciales o en el total de ejecución de la obra.

Art. 4. Reformas en el proyecto.

Si durante el curso de las obras el Ingeniero-Director estimase conveniente introducir modificaciones en el proyecto, el contratista estará obligado a realizarlas, siempre y cuando la cantidad de las obras nuevamente proyectadas no aumentasen en una sexta parte las de igual índole, consignadas en el Presupuesto de Contrata, abonándosele la parte que resulte con arreglo a los precios del Proyecto.

2.3 DISPOSICIONES VARIAS

Art. 1. Replanteo.

Como actividad previa a cualquier otra de la obra se procederá por la Dirección Facultativa a la comprobación del replanteo de las obras en presencia del Contratista marcando sobre el terreno conveniente todos los puntos necesarios para su ejecución. De esta operación se extenderá acta por duplicado que firmará la Dirección Facultativa y la Contrata, la cual, facilitará por su cuenta todos los medios necesarios para la ejecución de los referidos replanteos y señalamiento de los mismos, cuidando bajo su responsabilidad de las señales o datos fijados para su determinación. Asimismo para el resto de replanteos que se verifiquen en obra, estos se realizarán por el Contratista con la consiguiente aprobación de la Dirección Facultativa para el inicio de la correspondiente unidad.

Art. 2. Libro de Ordenes, Asistencia e Incidencias.

Con objeto de que en todo momento se pueda tener un conocimiento exacto de la ejecución e incidencias de la obra, se llevará, mientras dure la misma, el Libro de Ordenes, Asistencia e Incidencias, en el que se reflejarán las visitas facultativas realizadas por la Dirección de la obra, incidencias surgidas y en general, todos aquellos datos que sirvan para determinar con exactitud si por la contrata se han cumplido los plazos y fases de ejecución previstas para la realización del proyecto.

El ingeniero-Director de la obra, y los demás facultativos colaboradores en la dirección de las mismas, irán dejando constancia, mediante las oportunas referencias, de sus visitas e inspecciones y las incidencias que surjan en el transcurso de ellas y obliguen a cualquier modificación en el proyecto o la ejecución de las obras, las cuales serán de obligado cumplimiento.

Las anotaciones en el Libro de Ordenes, Asistencias e Incidencias, darán fe a efectos de determinar las posibles causas de resolución e incidencias del contrato. Sin embargo, cuando el contratista no estuviese conforme, podrá alegar en su descargo todas aquellas razones que abonen su postura, aportando las pruebas que estime pertinentes. Efectuar una orden a través del correspondiente asiento en este Libro, no será obstáculo para que cuando la Dirección Facultativa lo juzgue conveniente, se efectúe la misma también por oficio. Dicha orden se reflejará también en el Libro de Ordenes.

Art. 3. Modificaciones en las unidades de Obra.

Cualquier modificaciones en las unidades de obra que suponga la realización de distinto número de aquellas, más o menos de las figuradas en el estado de mediciones del presupuesto, deberá ser conocida y aprobada previamente a su ejecución por el Director Facultativo, haciéndose constar en el Libro de Obra, tanto la autorización citada como la comprobación posterior de su ejecución.

En caso de no obtener esta autorización, el contratista no podrá pretender, en ningún caso, el abono de las unidades de obra que se hubiesen ejecutado de más respecto a las figuradas en el proyecto.

Art. 4. Controles de obra: Pruebas y ensayos.

Se ordenará cuando se estime oportuno, realizar las pruebas y ensayos, análisis y extracción de muestras de obra realizada para comprobar que tanto los materiales como las unidades de obra están en perfectas condiciones y cumplen lo establecido en este Pliego. El abono de todas las pruebas y ensayos será de cuenta del contratista.

Art. 5. Correspondencia oficial.

El contratista tendrá derecho a que se le acuse recibo, si lo pide, de las comunicaciones y reclamaciones que dirija al Ingeniero-Director y a su vez está obligado a devolver a dicho Ingeniero, ya en originales, ya en copias, todas las ordenes y avisos que de él reciba poniendo al pie el "enterado" y su firma.

Art. 6. Accesos a la obra.

Se facilitarán los accesos a todas las partes de la obra por medio de chaperas, andamiaje con tablones, pasamanos, etc., de tal manera que todas las personas que accedan a los diversos sitios de la obra tengan la seguridad necesaria para la revisión de los diferentes trabajos.

Art. 7. Gastos de obra.

Serán por cuenta del promotor salvo que se indique en contrato, los gastos referentes a licencia de obras, honorarios de Proyecto y Dirección Facultativa, así como todos los originados para dotar a la obra de acometidas de agua, electricidad, etc..

3 CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS

Art. 1. Forma de medición.

La medición del conjunto de unidades de obra que constituyen el proyecto se verificará aplicando a cada unidad de obra la unidad de medida que le sea apropiada y con arreglo a las mismas unidades adoptadas en el presupuesto, unidad completa, partida alzada, metros cuadrados, cúbicos o lineales, kilogramos, etc.

Tanto las mediciones parciales como las que se ejecuten al final de la obra, se realizarán conjuntamente con el Contratista, levantándose las correspondientes actas que serán firmadas por ambas partes.

Todas las mediciones que se efectúen comprenderán las unidades de obra realmente ejecutadas, no teniendo el contratista derecho a reclamación de ninguna especie por las diferencias que se produjeran entre las mediciones que se ejecuten y las que figuren en el proyecto, así como tampoco por los errores de clasificación de las diversas unidades de obra que figuren en los estados de valoración.

Art. 2. Valoración de unidades no expresadas en este Pliego.

La valoración de las obras no expresadas en este Pliego se verificará aplicando a cada una de ellas la medida que le sea más apropiada y en forma de condiciones que estime justas el Ingeniero, multiplicando el resultado final por el precio correspondiente.

Art. 3. Equivocaciones en el presupuesto.

Se supone que el contratista ha hecho un detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto, y por lo tanto, al no haber hecho ninguna observación sobre errores posibles o equivocaciones del mismo, no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios, de tal suerte que si la obra ejecutada con arreglo al proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna, si por el contrario el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

3.1 VALORACIONES

Art 1. Valoraciones

Las valoraciones de las unidades de obra que figuran en el presente proyecto, se efectuarán multiplicando el número de estas por el precio unitario asignado a las mismas en el presupuesto.

En el precio unitario aludido en el párrafo anterior se consideran incluidos los gastos del transporte de materiales, las indemnizaciones o pagos que hayan de hacerse por cualquier concepto, así como todo tipo de impuestos fiscales que graven los materiales por el Estado, Provincia o Municipio, durante la ejecución de las obras, y toda clase de cargas sociales. También serán de cuenta del contratista los honorarios, las tasas y demás gravámenes que se originan con ocasión de las inspecciones, aprobación y comprobación de las instalaciones con que esté dotado el inmueble.

El contratista no tendrá derecho por ello a pedir indemnización alguna por las causas enumeradas. En el precio de cada unidad de obra van comprendidos los de todos los materiales accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra terminada y en disposición de recibiese.

Art. 2. Valoración de las obras no incluidas ó incompletas.

Las obras no incluidas se abonarán con arreglo a precios consignados en el Presupuesto, sin que pueda pretenderse cada valoración de la obra fraccionada en otra forma que la establecida en los cuadros de descomposición de precios.

Art. 3. Precios contradictorios.

Si ocurriese algún caso excepcional e imprevisto en el cual fuese necesaria la designación de precios contradictorios entre la propiedad y el contratista, estos precios deberán fijarse con arreglo a los determinados para unidades análogas, después de haber convenido lo mismo el Ingeniero en representación de la Propiedad y el Contratista.

Art. 4. Rotaciones valoradas.

El Contratista de la obra formulará mensualmente una relación valorada de los trabajos ejecutados desde la anterior liquidación con sujeción a los precios del presupuesto.

La Dirección Facultativa, que presenciara las operaciones de valoración y medición, tendrá un plazo de diez días para examinarlas. Deberá dentro de este plazo dar su conformidad o, en caso contrario, hacer las observaciones que considere convenientes.

Estas relaciones valoradas no tendrán más que carácter provisional a buena cuenta, y no suponen la aprobación de las obras que en ellas se comprenden. Se formará multiplicando los resultados de la medición por los precios correspondientes, y descontando si hubiera lugar la cantidad correspondiente al tanto por ciento de baja o mejora producido en la licitación.

Art. 5. Obras que se abonarán al contratista:
Precio de las mismas.

Se abonarán al contratista la obra que realmente se ejecute con sujeción al proyecto que sirve de base al contrato, o a las modificaciones del mismo, autorizadas por la superioridad, o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le haya comunicado por escrito el Director de la obra, siempre que dicha obra se halle ajustada a los preceptos del contrato y sin que su importe pueda exceder de la cifra total de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el Proyecto o en el Presupuesto no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna especie, salvo en los casos de rescisión.

Tanto en las certificaciones de obra como en la liquidación final, se abonarán las obras hechas por el contratista a los precios de ejecución material que figuran el presupuesto para cada unidad de obra.

Si excepcionalmente se hubiera realizado algún trabajo que no se halle reglado exactamente en las condiciones de la contrata pero que, sin embargo, sea admisible a juicio del Director, se dará conocimiento de ello, proponiendo a la vez la rebaja de precios que se estime justa, y si aquella resolviese aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.

Cuando se juzgue necesario emplear materiales para ejecutar obras que no figuren en el proyecto, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiera, y cuando no, se discutirá entre el Director de la obra y el contratista, sometiéndoles a la aprobación superior.

Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento se sujetarán siempre a lo establecido en el contrato general de la obra.

Al resultado de la valoración hecha de este modo, se le aumentará el tanto por ciento adoptado para formar el presupuesto de la contrata, y de la cifra que se obtenga se descontará lo que proporcionalmente corresponda a la rebaja hecha, en el caso de que exista lista.

Cuando el contratista, con la autorización del Director de la obra emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que lo estipulado en el proyecto, sustituyéndose la clase de fábrica por otra que tenga asignado mayor precio, ejecutándose con mayores dimensiones o cualquier otra modificación que resulte beneficiosa a juicio de la Propiedad, no tendrá derecho, sin embargo, sino a lo que correspondería si hubiese construido la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

Art. 6. Abono de las partidas alzadas.

Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por una partida alzada del presupuesto, no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellos se formen o en su defecto, por lo que resulte de la medición final.

Para la ejecución material de las partidas alzadas figuradas en el proyecto de obra, deberá obtenerse la aprobación de la Dirección Facultativa. A tal efecto, antes de proceder a su realización se someterá a su consideración el detalle desglosado del importe de la misma, el cual, si es de conformidad podrá ejecutarse.

4 CONDICIONES GENERALES LEGALES

4.1 RECEPCIÓN DE OBRAS

Art 1. Recepción de las obras.

Una vez terminadas las obras, y hallándose en las condiciones exigidas, se procederá a la recepción de las mismas.

Al acto de recepción concurrirán la propiedad, el facultativo encargado de la dirección de la obra y el contratista, levantándose el acta correspondiente. En caso de que las obras no se hallen en estado de ser recibidas se actuará conforme a lo dispuesto en contrato establecido.

El Plazo de la garantía comenzará a contarse a partir de la fecha de la recepción de la obra. Al realizarse la recepción de las obras deberá presentar el contratista las pertinentes autorizaciones de los Organismos oficiales de la provincia para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que así lo requieran. No se efectuará esa recepción de las obras si no se cumple este requisito.

Art. 2. Plazo de garantía.

Sin perjuicio de las garantías que expresamente se detallan en el contrato el contratista garantiza en general todas las obras que ejecute, así como los materiales empleados en ellas y su buena manipulación.

El plazo de garantía será el establecido en contrato y durante este período el contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por dicha causa se produzcan, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Administración con cargo a la fianza.

El contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra.

Una vez aprobada la recepción y liquidación definitiva de las obras, la Propiedad tomará acuerdo respecto a las retenciones efectuadas.

Tras la recepción de la obra el contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo lo referente a los vicios ocultos de la construcción debidos a incumplimiento doloso del contrato por parte del empresario, de los cuales responderá en el término de 10 años. Transcurrido este plazo quedará totalmente extinguida la responsabilidad.

Art. 3. Pruebas para la recepción.

Con carácter previo a la ejecución de las unidades de obra, los materiales habrán de ser reconocidos y aprobados por la Dirección Facultativa. Si se hubiese efectuado su manipulación o colocación sin obtener dicha conformidad deberán ser retirados todos aquellos que la citada dirección rechaza, dentro de un plazo de treinta días.

El contratista presentará oportunamente muestras de cada clase de material a la aprobación de la Dirección Facultativa, las cuales conservarán para efectuar en su día comparación o cotejo con los que se empleen en obra.

4.2 CARGOS AL CONTRATISTA

Art. 1. Planos de las Instalaciones.

El contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa entregará en el acto de la recepción de la obra o anteriormente a la misma, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hay quedado.

Art. 2. Autorizaciones y Licencias.

El contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expresar las delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también de cuenta del contratista todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación, salvo que se especifique lo contrario en el contrato entre la Propiedad y el contratista.

Art. 3. Conservación durante el plazo de garantía.

El contratista durante el tiempo que media entre la terminación de la obra y la recepción de la misma, será el conservador de las obras, donde tendrá el personal suficiente para atender a todas las averías y reparaciones que puedan presentarse, aunque el establecimiento fuese ocupado o utilizado por la propiedad antes de la recepción definitiva.

4.3 DISPOSICIONES VARIAS

Art. 1. Normas de aplicación.

Para todo aquello no detallado expresamente en los artículos anteriores, y en especial sobre las condiciones que deberán reunir los materiales que se emplean en obra, así como la ejecución de cada unidad de obra, y las normas para su medición y valoración regirá el Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura.

Se cumplimentarán todas las normas de la Presidencia del Gobierno, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, y demás vigentes, y las sucesivas que se publiquen en el transcurso de las obras.

Art. 2. Suspensión de las obras.

Cuando la entidad propietaria desee suspender la ejecución de las obras tendrá que avisarlo con un mes de anticipación, y el contratista tendrá que suspender los trabajos sin derecho a indemnización, siempre que se le abone el importe de la obra ejecutada y el valor de los materiales acumulados al pie de obra, al precio corriente en la localidad; igual se hará en los casos de rescisión justificada.

Si la suspensión de las obras fuese motivada por el contratista, el propietario se reserva el derecho a la rescisión del contrato, abonando al contratista tan sólo la obra ejecutada con pérdida de la retención como indemnización de perjuicios irrogados a la entidad propietaria; quedando obligado el contratista a responder de los perjuicios superiores a esta cantidad, salvo que se indique lo contrario en el contrato.

En caso de muerte o de quiebra del contratista, quedará rescindida la contrata, a no ser que los herederos o los síndicos de la quiebra ofrezcan llevarla a cabo bajo las condiciones estipuladas en la misma. El propietario puede admitir o desechar el ofrecimiento, sin que en este caso tengan aquellos derecho a indemnización alguna.

Tanto en estos casos de rescisión como en los que legalmente se pudiesen presentar, las herramientas y demás elementos de trabajo que sean de pertenencia del contratista, tendrá éste obligación a recogerlos en un plazo de ocho días; de no ser así se entiende que los abandona a favor de la obra.

Art. 3. Prorroga de las obras.

Si se diese el caso de que por alguna contingencia, la Empresa Constructora solicitase una ampliación de plazo para la terminación de las obras, este se determinará de acuerdo con la Dirección Facultativa y siempre y cuando las causas alegadas sean por motivos ajenos al discurrir normal de la obra.

Art. 4. Rescisión de contrato.

En caso de que hubiese rescisión de contrato, la valoración de las obras incompletas se haría aplicando los precios del presupuesto, sin que el contratista tenga derecho alguno a reclamación.

Sí no existiesen precios descompuestos, o en el precio dado no estuviesen claramente especificados, se aplicarán a los materiales los precios corrientes de almacén de la localidad.

Art. 5. Personal en obra.

Todo el personal que desarrolle cualquier actividad en la obra, deberá tener su situación laboral de acuerdo con la legislación vigente.

5 CONDICIONES TÉCNICAS

5.1 CONDICIONES GENERALES

Art. 1. Calidad de los materiales.

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Art. 2. Pruebas y ensayos de materiales.

Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

Art. 3. Materiales no consignados en proyecto.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Art. 4. Condiciones generales de ejecución.

Todos los trabajos, incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de la construcción, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones de la Edificación de la Dirección General de Arquitectura y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa.

No pudiendo por tanto servir de pretexto al contratista el bajo contrato, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

Art. 5. Bombas

- Se instalarán bombas horizontales centrífugas.
- El proveedor proporcionará curvas de rendimiento, potencia, caudal, etc., para todas las bombas instaladas.
- Se aconseja y prefiere el uso de juntas mecánicas sobre las de empaquetadura.
- Se prefiere el uso de cojinetes estandarizados. Los soportes de cojinete se lubricarán con aceite.
- Los soportes de cojinete se diseñarán de tal modo que para la máxima carga y mínimo engrase, la vida media no sea inferior a 2 años.
- Se debe prever un depósito de aceite de reserva de la capacidad adecuada, íntegramente con el soporte.
- Se debe prever la posibilidad de montar y desmontar los cierres y elementos rotativos, sin tener que mover el motor.
- Los rodetes se diseñarán para tener un decrecimiento gradual de carga, con crecimiento de opacidad desde el arranque a la capacidad normal.
- La magnitud de cualquier vibración con la bomba funcionando en su bancada, no debe sobrepasar 0.05mm, doble amplitud medida en el soporte del cojinete.
- En las líneas de descarga se instalarán válvulas retentoras antes de la primera válvula de bloque.

Art. 6. Tuberías

6.1. Códigos

- Todas las tuberías de proceso estarán de acuerdo con la sección aplicable del código ASA.
- Todos los materiales para tuberías se especifican de acuerdo con ASTM.

6.2. Tuberías

- Todas las tuberías serán de un “ Schedule” de 40, salvo que se especifique lo contrario.
- Todas las tuberías de 6” y mayores serán fabricadas en taller utilizando accesorios de soldadura a tope. Toda la tubería de 4” será fabricada en campo utilizando accesorios roscados.
- Si las fatigas producidas por la dilatación o contracción de las tuberías no pueden ser reducidas a los límites admitidos por el código mediante cambio de dirección o elevación, se deberán hacer liras de expansión. Las liras de expansión serán situadas preferentemente en un plano vertical, y podrán fabricarse completamente con accesorios soldados.
- Las tomas de muestra y líneas de ventilación serán de 3/4” como mínimo a no ser que se indique específicamente lo contrario.
- El margen de corrosión en las tuberías será de un mínimo de 3mm para garantizar 12 años de servicio.

Art. 7. Válvulas

- Todas las válvulas, forjadas o fundidas, de compuerta o de bola, en acero al carbono o aleado, tendrán las caras atornillada y exteriormente roscas y estribos.
- Los cuerpos de válvula de hierro, con la cara de brida lisa, serán mecanizados para obtener una cara con mecanizado en espiral.
- Los instrumentos como manómetros, termopares, placas orificio, termómetros, etc., conectados a las líneas, llevarán válvula de cierre que permita el cambio de los mismos sin pérdidas del fluido. Dichas válvulas deberán cumplir las especificaciones de tuberías.
- Se evitará el uso de válvulas de ángulo.

Art. 8. Bridas

- Todas las bridas se orientarán de modo que los agujeros queden fuera de los ejes, y simétricamente distribuidos respecto a ellos.
- Todas las uniones brida – brida se realizarán mediante perno roscado y dos tuercas hexagonales. Los pernos de acero al carbono serán de una calidad no inferior que la del acero ASIMA – 193 Grado B – 7.

Art. 9. Accesorios.

- Los cambios de tamaño se realizarán mediante reductores unidos de igual forma que la tubería donde se instalan.
- Las conexiones en las líneas de proceso se realizarán mediante soldadas.

- Se colocarán filtros delante de todas las bombas y equipos rotativos que no tengan esa protección.
- Los accesorios embridados deberán ser de utilización absolutamente mínima.

Art. 10. Colgantes y accesorios.

- No se usará hierro maleable para vigas o uniones de tuberías a los soportes.
- Los soportes fabricados con tubos tendrán sus extremos tapados.

Art. 11. Cambios de dirección.

- Los cambios de dirección de todas las tuberías roscadas se realizarán curvando la tubería, siempre que sea posible; en caso contrario utilizando codos roscados.
- Los cambios de dirección de la tubería soldada se realizarán mediante el empleo de coldados sin unión. La tubería curvada podrá utilizarse dependiendo del servicio o la aplicación.
- Los codos de 90° soldados a tope deberán ser de radio largo.

Art. 12. Aislamiento térmico.

12.1. General.

- Todas las tuberías de vapores o fluidos donde sea necesaria la conservación del calor, deben ser aisladas térmicamente.
- Las bridas y cuerpos de válvulas serán aisladas.
- Todas las tuberías aisladas se limpiarán, secarán y probarán hidrostáticamente antes del recubrimiento.

- Todos los materiales deben ser nuevos, llegando a obra cerrados y en sus embalajes originales.

Art. 13. Aislamiento acústico.

- Todas las zonas indicadas en los planos se aislarán acústicamente para impedir la libre circulación de las ondas sonoras.
- Durante la construcción de las paredes se tapizarán las paredes con aislamiento acústico.
- Todos los materiales deben ser nuevos, llegando a obra cerrados y en sus embalajes originales.

Art. 14. Instalación eléctrica

- Los materiales de ejecución de la instalación eléctrica cumplirán lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Alta y Baja tensión y Normas MIBT complementarias. Asimismo, se adoptan las diferentes condiciones previstas en las normas:
 - NTE- IEB: "Instalación eléctrica de baja tensión"
 - NTE-IEI: "Alumbrado interior"
 - NTE-IEP: "Puesta a tierra".

5.2 CONTROL DE CALIDAD

Previamente al inicio de las obras, el contratista deberá presentar al Ingeniero-Director, para su aprobación, el Plan de Control de Calidad y el de Puntos de Inspección y Control de la obra, que será de aplicación tanto a la obra civil como a los equipos eléctricos y mecánicos a instalar.

Para la ejecución de todas las unidades de obra, estas se someterán a los controles establecidos por la normativa legal de vigente aplicación, o los que por cualquier motivo considerase necesario la Dirección Facultativa, siendo el coste de los mismos por cuenta del contratista.

En los mencionados planes se recogerá de forma clara la identificación de cada unidad de obra, el tipo de ensayo a realizar y la normativa de aplicación, la frecuencia de realización de cada tipo de ensayo, y las condiciones de aceptación o rechazo. Para materiales y equipos definirá los certificados de origen, pruebas y garantías que deberá aportar el proveedor de los mismos, así como las pruebas y ensayos a realizar en obra, la frecuencia de los mismos y las condiciones de aceptación o rechazo.

5.3 MATERIALES Y UNIDADES DE OBRA NO ESPECIFICADAS

Los materiales no consignados en este Pliego y que fuera necesario emplear, reunirán las mejores condiciones en cuanto a calidad de los mismos y siempre a juicio del Ingeniero-Director. En ningún caso las características de los materiales serán inferiores a las especificadas en la Norma Tecnológica de la Edificación que le afecte.

Para la definición de las características, forma de ejecución y medición y abono de las partidas de obra no descritas en el presente Pliego, se remitirán a las descripciones de las mismas realizadas en los restantes documentos de este Proyecto, a las disposiciones y especificaciones del Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura, y las instrucciones al efecto del Ingeniero-Director de la obra.

6 CUMPLIMIENTO DE LOS PLAZOS.

El contratista está obligada al cumplimiento de los plazos parciales fijados definitivamente por la Administración, así como del plazo final para la total terminación de obra.

Si el retraso fuera producido por motivos no imputables a el contratista y ésta se ofreciera a cumplir sus compromisos mediante prórroga del tiempo convenido, se concederá por la Administración un plazo que será, por lo menos, igual al tiempo perdido.

El contratista dará comienzo a las obras una vez firmada el Acta de Inicio de las mismas.

7 PLAN DE OBRA Y RELACIÓN DE MAQUINARIA

Al inicio de las obras, el contratista estará obligada ante el requerimiento de la Dirección Técnica a complementar el Plan de Obra que hay previsto con la relación de medios humanos y su cualificación profesional, así como con la relación de medios auxiliares y maquinaria que se compromete a mantener durante la ejecución de las obras.

Asimismo, el contratista deberá aumentar los medios auxiliares y personal técnico, siempre que la Administración compruebe que ello es necesario para el desarrollo de las obras en los plazos previstos.

La aceptación del Plan de Obra y de la relación de medios auxiliares propuestos no implicará exención alguna de responsabilidad para el contratista, en caso de incumplimiento de los plazos parciales o del final.

7.1 MATERIALES EN DEPÓSITO

Los materiales que se entreguen por la Administración al contratista se considerarán en depósito desde el momento de la entrega, siendo el contratista responsable de su custodia y conservación hasta tanto la obra sea recibida.

A tal fin, el contratista responde con la fianza de cumplimiento de los daños, deterioros, pérdidas, extravíos, robos o cualquier otro accidente que puedan sufrir los citados materiales.

7.2 MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

Toda la maquinaria y medios auxiliares empleados por el contratista serán de su exclusiva cuenta, sin que en ningún caso pueda exigirse que la Administración se las abone, ya que su coste presumible y gastos de amortización y conservación han sido tenidos en cuenta en la formación de los distintos precios.

No podrá, el contratista, alegando lo costoso de las instalaciones auxiliares, exigir que se le abone cantidad alguna en concepto de anticipo sobre dichos medios.

8 MANUALES DE MANTENIMIENTO Y PLANOS DEFINITIVOS

Concluidas las obras, el contratista está obligado a entregar a la Administración "Manuales de Mantenimiento" de aquellas instalaciones o equipos que hubiese instalado, así como los planos definitivos de todas las obras realizadas. Tanto los manuales como los planos se entregarán por triplicado. En los citados manuales de mantenimiento se recogerán, tanto la descripción detallada de los equipos o instalaciones, como lista de repuestos, operaciones de mantenimiento preventivo y operativo y, en general, todo lo necesario para el correcto funcionamiento y conservación de las citadas instalaciones y/o equipos.

Parte IV
SEGURIDAD

SEGURIDAD	323
1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS	325
1.1 PROTECCIONES COLECTIVAS	325
1.1.1 GENERALES:	325
1.1.2 PROTECCIONES COLECTIVAS PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA:	328
1.1.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS)	333
1.2 PROTECCIONES ESPECIALES.	337
1.2.1 GENERALES	337
1.2.2 PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA:	338
1.2.3 MEDIDAS PREVENTIVAS DE TIPO GENERAL	350
1.2.4 NORMATIVA PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA:	372
1.2.5 DIRECTRICES GENERALES PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS DORSOLUMBARES	391
1.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	394
1.3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO GENERAL	394
1.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA:	396
1.4 INSTALACIONES GENERALES DE HIGIENE EN LA OBRA	399
1.4.1 SERVICIOS HIGIÉNICOS:	399
1.4.2 LOCALES DE DESCANSO O DE ALOJAMIENTO:	400
1.5 VIGILANCIA DE LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS EN LA OBRA VIGILANCIA DE LA SALUD	401
1.6 OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO EN MATERIA FORMATIVA ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS	405
1.7 LEGISLACION, NORMATIVAS Y CONVENIOS DE APLICACIÓN AL PRESENTE ESTUDIO.	406

1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS

1.1 *PROTECCIONES COLECTIVAS*

1.1.1 GENERALES:

Señalización

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- A) Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- B) Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- C) Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- D) Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

Los tipos de señales son los siguientes:

FORMA	COLORES			SIGNIFICADO	APLICACION
	FONDO	CONTRAS	SIMBOLO		
Redonda	Rojo	Blanco	Negro	Parada, prohibición.	Señales de paradas de prohibición. Dispositivos de desconexión de urgencia
Triangular	Amarillo	Negro	Negro	Atención. Zonas de riesgo.	Señalización de riesgos. Señalización de obstáculos
Rectangular	Verde	Blanco	Blanco	Situación de seguridad. Primeros auxilios	Señalización de salida de emergencia. Puesto de primeros auxilios.
Redonda	Azul	Blanco	Blanco	Señales de obligación. Indicaciones.	Obligación de protección personal. Emplazamiento de teléfonos, talleres, etc.
Rectangular o cuadrada	Rojo	Blanco	Negro		Equipos de lucha contra incendios.

Cinta de señalización

En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalará con los antes dichos paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45°.

Cinta de delimitación de zona de trabajo

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

Iluminación (anexo IV del R.D. 486/97 de 14/4/97)

Zonas o partes del lugar de trabajo	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1º Baja exigencia visual	100
2º Exigencia visual moderada	200
3ª Exigencia visual alta	500
4º Exigencia visual muy alto	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	25
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a) En áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choque u otros accidentes.
- b) En las zonas donde se efectúen tareas, y un error de apreciación visual durante la realización de las mismas, pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros.

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad.

Portátiles manuales de alumbrado eléctrico: 24 voltios.

Prohibición total de utilizar iluminación de llama.

1.1.2 PROTECCIONES COLECTIVAS PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA:

ALBAÑILERIA

Protección contra caídas de altura de personas u objetos.

El riesgo de caída de altura de personas (precipitación, caída al vacío) es contemplado por el Anexo II del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre de 1.997 como riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores, por ello, de acuerdo con los artículos 5.6 y 6.2 del mencionado Real Decreto se adjuntan las medidas preventivas específicas adecuadas.

Barandillas de protección:

Se utilizarán como cerramiento provisional de huecos verticales y perimetrales de plataformas de trabajo, susceptibles de permitir la caída de personas u objetos desde una altura superior a 2 m; estarán constituidas por balaustre, rodapié de 20 cm de alzada, travesaño intermedio y pasamanos superior, de 90 cm. de altura, sólidamente anclados todos sus elementos entre sí y serán lo suficientemente resistentes.

Pasarelas:

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas. Serán preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas "in situ", de una anchura mínima de 1 m, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria: La plataforma será capaz de resistir 300 kg. de peso y estará dotada de guirnaldas de iluminación nocturna, si se encuentra afectando a la vía pública.

Escaleras portátiles:

Tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio o hierro, a no ser posible se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados.

Estará dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior. Previamente a su utilización se elegirá el tipo de escalera a utilizar, en función de la tarea a la que esté destinada y se asegurará su estabilidad. No se emplearán escaleras excesivamente cortas ó largas, ni empalmadas.

Cuerda de retenida

Utilizada para posicionar y dirigir manualmente la canal de derrame del hormigón, en su aproximación a la zona de vertido, constituida por poliamida de alta tenacidad, calabroteada de 12 mm de diámetro, como mínimo.

Sirgas

Sirgas de desplazamiento y anclaje del cinturón de seguridad. Variables según los fabricantes y dispositivos de anclaje utilizados.

Accesos y zonas de paso del personal, orden y limpieza

Las aperturas de huecos horizontales sobre los forjados, deben condenarse con un tablero resistente, red, mallazo electrosoldado o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en sus inmediaciones con independencia de su profundidad o tamaño.

Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo "seta" o cualquier otro sistema eficaz, en previsión de punciones o erosiones del personal que pueda colisionar sobre ellos.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas.

Redes de seguridad:

Paños de dimensiones ajustadas al hueco a proteger, de poliamida de alta tenacidad, con luz de malla 7,5 x 7,5 cm, diámetro de hilo 4 mm y cuerda de recercado perimetral de 12 mm de diámetro, de conformidad a norma UNE 81-650-80.

Pescantes de sustentación de redes en fachadas:

Horcas metálicas comerciales, homologadas o certificadas por el fabricante respecto a su idoneidad en las condiciones de utilización por él descritas, constituidas por un mástil vertical (de 8 m de longitud generalmente) coronado por un brazo acartelado (de 2 m de voladizo generalmente), confeccionado con tubo rectangular en chapa de acero de 3 mm de espesor y 5 x 10 cm. De sección, protegido anticorrosión y pintado por inmersión.

El conjunto del sistema queda constituido por paños de red de seguridad según norma UNE 81-650-80 colocadas con su lado menor (7 m) emplazado verticalmente, cubriendo la previsible parábola de caída de personas u objetos desde el forjado superior de trabajo y cuerdas de izado y ligazón entre paños, también de poliamida de alta tenacidad de 10 mm de diámetro, enanos de anclaje y embolsamiento inferior del paño confeccionados con "caliqueños" de redondo

corrugado de 8 mm de diámetro, embebidos en el canto del forjado y distanciados 50 cm entre sí; cajetines sobre el forjado u omegas de redondo corrugado de 12 mm de diámetro, situados en voladizo y en el canto del forjado para el paso y bloqueo del mástil del pescante, sólidamente afianzados todos sus elementos entre sí, capaz de resistir todo el conjunto la retención puntual de un objeto de 100 kg. de peso, desprendido desde una altura de 6m por encima de la zona de embolsamiento, a una velocidad de 2 m/seg.

Montaje:

Deberá instalarse este sistema de red cuando se tengan realizados la solera de planta baja y un forjado.

Una vez colocada la horca, se instalará un pasador en el extremo inferior para evitar que el brazo pueda girar en sentido horizontal.

Ciclo normal de utilización y desmontaje:

Los movimientos posteriores de elevación de la red a las distintas plantas de la obra, se ejecutarán siguiendo los movimientos realizados en la primera. El desmontaje se efectúa siguiendo el ciclo inverso al montaje. Tanto en el primer caso como en el segundo, los operarios deberán estar protegidos contra las caídas de altura mediante protecciones colectivas, cuando por el proceso de montaje y desmontaje las redes pierdan la función de protección colectiva.

Condena de huecos horizontales con mallazo

Confeccionada con mallazo electrosoldado de redondo de diámetro mínimo 3 mm y tamaño máximo de retícula de 100 x 100 mm, embebido perimetralmente en el zuncho de hormigón, capaz de garantizar una resistencia > 1.500 N/m² (150 kg/m²).

Marquesinas rígidas

Apantallamiento en previsión de caídas de objetos, compuesto de una estructura de soporte, generalmente metálica, en forma de ménsula o pies derechos, cuajada horizontalmente de tablonos durmientes de reparto y tableros, capaces de retener, sin colapsarse, un objeto de 100 kg. de peso, desprendido desde una altura de 20 m, a una velocidad de 2 m/s.

Plataforma de carga y descarga

La carga y descarga de materiales se realizará mediante el empleo de plataformas de carga y descarga. Estas plataformas deberán reunir estas características:

- Muelle de descarga industrial de estructura metálica, emplazable en voladizo, sobresaliendo de los huecos verticales de fachada, de unos 2,5 m² de superficie.
- Dotado de barandilla de seguridad de 90 cm. de altura en sus dos laterales y cadena de acceso y tope de retención de medios auxiliares desplazables mediante ruedas en la parte frontal. El piso de chapa industrial lagrimeada de 3 mm de espesor, estará emplazada al mismo nivel del forjado de trabajo sin rampas ni escalones de discontinuidad.
- Podrá disponer opcionalmente de trampilla practicable para permitir el paso del cable de la grúa torre si se opta por colocar todas las plataformas bajo la misma vertical.

El conjunto deberá ser capaz de soportar descargas de 2.000 kg/m² y deberán tener como mínimo un certificado de idoneidad, resistencia portante y estabilidad, garantizado por el fabricante, si se siguen sus instrucciones de montaje y utilización.

1.1.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS)

Afecciones en la piel por dermatitis de contacto.

- Guantes de protección frente a abrasión
- Guantes de protección frente a agentes químicos

Quemaduras físicas y químicas.

- Guantes de protección frente a abrasión
- Guantes de protección frente a agentes químicos
- Guantes de protección frente a calor
- Sombreros de paja (aconsejables contra riesgo de insolación)

Proyecciones de objetos y/o fragmentos.

- Calzado con protección contra golpes mecánicos
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco

Ambiente pulvígeno.

- Equipos de protección de las vías respiratorias con filtro mecánico
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco

Animales y/o parásitos.

Aplastamientos.

- Calzado con protección contra golpes mecánicos

- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos

Atrapamientos.

- Calzado con protección contra golpes mecánicos
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos
- Guantes de protección frente a abrasión

Atropellos y/o colisiones.

Caída de objetos y/o de máquinas.

- Bolsa portaherramientas
- Calzado con protección contra golpes mecánicos
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos

Caída ó colapso de andamios.

- Cinturón de seguridad anticaídas
- Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes

Caídas de personas a distinto nivel.

- Cinturón de seguridad anticaídas
- Cinturón de seguridad clase para trabajos de poda y postes

Caídas de personas al mismo nivel.

- Bolsa portaherramientas
- Calzado de protección sin suela antiperforante

Contactos eléctricos directos.

- Calzado con protección contra descargas eléctricas
- Casco protector de la cabeza contra riesgos eléctricos
- Gafas de seguridad contra arco eléctrico
- Guantes dieléctricos

Contactos eléctricos indirectos.

- Botas de agua

Cuerpos extraños en ojos.

- Gafas de seguridad contra proyección de líquidos
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco

Derrumbamientos.

Desprendimientos.

Exposición a fuentes luminosas peligrosas.

- Gafas de oxicorte
- Gafas de seguridad contra arco eléctrico
- Gafas de seguridad contra radiaciones
- Mandil de cuero
- Manguitos
- Pantalla facial para soldadura eléctrica, con arnés de sujeción sobre la cabeza y cristales con visor oscuro inactínico
- Pantalla para soldador de oxicorte
- Polainas de soldador cobre-calzado
- Sombreros de paja (aconsejables contra riesgo de insolación)

Golpe por rotura de cable.

- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos
- Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)
- Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco

Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

- Bolsa portaherramientas

- Calzado con protección contra golpes mecánicos
- Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos
- Chaleco reflectante para señalistas y estrobadores
- Guantes de protección frente a abrasión

Pisada sobre objetos punzantes.

- Bolsa portaherramientas
- Calzado de protección con suela antiperforante

Hundimientos.

Sobreesfuerzos.

- Cinturón de protección lumbar

Ruido.

- Protectores auditivos

Vuelco de máquinas y/o camiones.

Caída de personas de altura.

- Cinturón de seguridad anticaídas

1.2 PROTECCIONES ESPECIALES.

1.2.1 GENERALES

Circulación y accesos en obra:

Se estará a lo indicado en el artículo 11 A del Anexo IV del R.D. 1627/97 de 24/10/97 respecto a vías de circulación y zonas peligrosas. Los accesos de vehículos deben ser distintos de los del personal, en el caso de que se utilicen los mismos se debe dejar un pasillo para el paso de personas protegido mediante vallas.

En ambos casos los pasos deben ser de superficies regulares, bien compactados y nivelados, si fuese necesario realizar pendientes se recomienda que estas no superen un 11% de desnivel. Todas estas vías estarán debidamente señalizadas y periódicamente se procederá a su control y mantenimiento. Si existieran zonas de acceso limitado deberán estar equipadas con dispositivos que eviten el paso de los trabajadores no autorizados.

El paso de vehículos en el sentido de entrada se señalará con limitación de velocidad a 10 ó 20 Km./h. y ceda el paso. Se obligará la detención con una señal de STOP en lugar visible del acceso en sentido de salida.

En las zonas donde se prevé que puedan producirse caídas de personas o vehículos deberán ser balizadas y protegidas convenientemente.

Las maniobras de camiones y/u hormigonera deberán ser dirigidas por un operario competente, y deberán colocarse topes para las operaciones de aproximación y vaciado.

El grado de iluminación natural será suficiente y en caso de luz artificial (durante la noche o cuando no sea suficiente la luz natural) la intensidad será la adecuada, citada en otro lugar de este estudio.

En su caso se utilizarán portátiles con protección antichoque. Las luminarias estarán colocadas de manera que no supongan riesgo de accidentes para los trabajadores.

Si los trabajadores estuvieran especialmente a riesgos en caso de avería eléctrica, se dispondrá iluminación de seguridad de intensidad suficiente.

Protecciones y resguardos en máquinas:

Toda la maquinaria utilizada durante la obra, dispondrá de carcasas de protección y resguardos sobre las partes móviles, especialmente de las transmisiones, que impidan el acceso involuntario de personas u objetos a dichos mecanismos, para evitar el riesgo de atrapamiento.

1.2.2 PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA:

ALBAÑILERIA

Caída de objetos:

Se evitará el paso de personas bajo las cargas suspendidas; en todo caso se acotarán las áreas de trabajo bajo las cargas citadas.

Las armaduras destinadas a los pilares se colgarán para su transporte por medio de eslingas bien enlazadas y provistas en sus ganchos de pestillo de seguridad.

Preferentemente el transporte de materiales se realizará sobre bateas para impedir el corrimiento de la carga.

Condiciones preventivas del entorno de la zona de trabajo:

- Se comprobará que están bien colocadas las barandillas, horcas, redes, mallazo o ménsulas que se encuentren en la obra, protegiendo la caída de altura de las personas en la zona de trabajo.
- No se efectuarán sobrecargas sobre la estructura de los forjados, acopiando en el contorno de los capiteles de pilares, dejando libres las zonas de paso de personas y vehículos de servicio de la obra.
- Debe comprobarse periódicamente el perfecto estado de servicio de las protecciones colectivas colocadas en previsión de caídas de personas u objetos, a diferente nivel, en las proximidades de las zonas de acopio y de paso.
- El apilado en altura de los diversos materiales se efectuará en función de la estabilidad que ofrezca el conjunto.
- Los pequeños materiales deberán acopiarse a granel en bateas, cubilotes o bidones adecuados, para que no se diseminen por la obra.
- Se dispondrá en obra, para proporcionar en cada caso, el equipo indispensable al
- operario, una provisión de palancas, cuñas, barras, puntales, picos, tablones, bridas, cables, ganchos y lonas de plástico.
- Para evitar el uso continuado de la sierra circular en obra, se procurará que las piezas de pequeño tamaño y de uso masivo en obra (p.e. cuñas), sean realizados en talleres especializados. Cuando haya piezas de madera que por sus características tengan que realizarse en obra con la sierra circular, esta reunirá los requisitos que se especifican en el apartado de protecciones colectivas.
- Se dispondrá de un extintor de polvo polivalente junto a la zona de acopio y corte.

Acopio de materiales paletizados:

Los materiales paletizados permiten mecanizar las manipulaciones de cargas, siendo en sí una medida de seguridad para reducir los sobreesfuerzos, lumbalgias, golpes y atrapamientos.

También incorporan riesgos derivados de la mecanización, para evitarlos se debe:

- Acopiar los palets sobre superficies niveladas y resistentes.
- No se afectarán los lugares de paso.
- En proximidad a lugares de paso se deben señalar mediante cintas de señalización.
- La altura de las pilas no debe superar la altura que designe el fabricante.
- No acopiar en una misma pila palets con diferentes geometrías y contenidos.
- Si no se termina de consumir el contenido de un palet se flejará nuevamente antes de realizar cualquier manipulación.
- Se comprobará que están bien colocadas, y sólidamente afianzadas todas las protecciones colectivas contra caídas de altura que puedan afectar al tajo: barandillas, redes, mallazo de retención, ménsulas y toldos.
- La zona de trabajo se encontrará limpia de puntas, armaduras, maderas y escombros.
- Los huecos horizontales que puedan quedar al descubierto sobre el terreno a causa de los trabajos cuyas dimensiones puedan permitir la caída de personas a su interior, deberán ser condenados al nivel de la cota de trabajo, instalando si es preciso pasarelas completas y reglamentarias para los viandantes o personal de obra.

- Las zancas de escalera deberán disponer de peldañoado integrado, quedando totalmente prohibida la instalación de patés provisionales de material cerámico, y anclaje de tableros con llantas.
- Deberán tener barandillas o redes verticales protegiendo el hueco de escalera.
- Las armaduras, tolvas de hormigón, puntales, sopandas, riostras, cremalleras, tableros y chapas de encofrar, empleados para la ejecución de una estructura, se transportarán en bateas adecuadas, o en su defecto, se colgarán para su transporte por medio de eslingas bien enlazadas y provistas en sus ganchos de pestillo de seguridad.

EJECUCION DE TRABAJOS PARA LA INSTALACION DE MAQUINARIA.

Condiciones preventivas del entorno:

Los elementos y/o máquinas de estructura se acopiarán de forma correcta. El acopio de elementos y/o máquinas deberá estar planificado, de forma que cada elemento y/o máquina que vaya a ser transportado por la grúa, no sea estorbado por ningún otro.

En las inmediaciones de zonas eléctricas en tensión se mantendrán las distancias de seguridad: Alta tensión: 5 m y Baja tensión: 3 m

Acopio de botellas de oxígeno y acetileno:

Los acopios de botellas que contengan gases licuados a presión se hará de forma que estén protegidas de los rayos del sol y de la intensa humedad, se señalarán con rótulos de "NO FUMAR" y "PELIGRO: MATERIAL INFLAMABLE". Se dispondrá de extintores adecuados al riesgo.

Los recipientes de oxígeno y acetileno estarán en dependencias separadas y a su vez separados de materiales combustibles (maderas, gasolina, disolventes, etc.).

Acopio de materiales sueltos:

El abastecimiento de materiales sueltos a obra se debe tender a minimizar, remitiéndose únicamente a materiales de uso discreto.

Los soportes, cartelas, cerchas, máquinas, etc., se dispondrán horizontalmente, separando las piezas mediante tacos de madera que aíslen el acopio del suelo y entre cada una de las piezas.

Los acopios se realizarán sobre superficies niveladas y resistentes.

No se afectarán los lugares de paso.

En proximidad a lugares de paso se deben señalar mediante cintas de señalización.

NORMATIVA A APLICAR EN LAS FASES DEL ESTUDIO

NORMATIVA GENERAL

Exige el R.D. 1627/97 de 24 de Octubre la realización de este Estudio de Seguridad y Salud que debe contener una descripción de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas preventivas adecuadas; relación de aquellos otros que no han podido evitarse conforme a lo señalado anteriormente, indicando las protecciones técnicas tendentes a reducir los y las medidas preventivas que los controlen. Han de tenerse en cuenta, sigue el R.D., la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de usarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos. Tal es lo que se manifiesta en el Proyecto de Obra al que acompaña este Estudio de Seguridad y Salud.

Sobre la base de lo establecido en este estudio, se elaborará el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (art. 7 del citado R.D.) por el Contratista en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra o realización de las instalaciones a que se refiere este Proyecto. En dicho plan se recogerán las propuestas de medidas de prevención alternativas que el contratista crea oportunas siempre que se justifiquen técnicamente y que tales cambios no impliquen la disminución de los niveles de prevención previstos. Dicho plan deberá ser aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de las obras (o por la Dirección Facultativa sino fuere precisa la Coordinación citada).

A tales personas compete la comprobación, a pie de obra, de los siguientes aspectos técnicos previos:

- Revisión de los planos de la obra o proyecto de instalaciones

- Replanteo
- Maquinaria y herramientas adecuadas
- Medios de transporte adecuados al proyecto
- Elementos auxiliares precisos
- Materiales, fuentes de energía a utilizar
- Protecciones colectivas necesarias, etc.

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

El comienzo de los trabajos, sólo deberá acometerse cuando se disponga de todos los elementos necesarios para proceder a su asentamiento y delimitación definida de las zonas de influencia durante las maniobras, suministro de materiales así como el radio de actuación de los equipos en condiciones de seguridad para las personas y los restantes equipos.

Se establecerá un planning para el avance de los trabajos, así como la retirada y acopio de la totalidad de los materiales empleados, en situación de espera. Ante la presencia de líneas de alta tensión tanto la grúa como el resto de la maquinaria que se utilice durante la ejecución de los trabajos guardarán la distancia de seguridad de acuerdo con lo indicado en el presente estudio.

Se revisará todo lo concerniente a la instalación eléctrica comprobando su adecuación a la potencia requerida y el estado de conservación en el que se encuentra.

Será debidamente cercada la zona en la cual pueda haber peligro de caída de materiales, y no se haya podido apantallar adecuadamente la previsible parábola de caída del material.

Como se indica en el art. 8 del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre, los principios generales de prevención en materia de seguridad y salud que recoge el art. 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, deberán ser tomados en consideración por el proyectista en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra y en particular al tomar las decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los diferentes trabajos y al estimar la duración prevista de los mismos. El Coordinador en materia de seguridad y salud en fase de proyecto será el que coordine estas cuestiones.

Se efectuará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, torretas, zonas de paso y formas de acceso, y poderlos utilizar de forma conveniente.

Se dispondrá en obra, para proporcionar en cada caso, el equipo indispensable y necesario, prendas de protección individual tales como cascos, gafas, guantes, botas de seguridad homologadas, impermeables y otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer y evacuar a los operarios que puedan accidentarse.

El personal habrá sido instruido sobre la utilización correcta de los equipos individuales de protección, necesarios para la realización de su trabajo.

En los riesgos puntuales y esporádicos de caída de altura, se utilizará obligatoriamente el cinturón de seguridad ante la imposibilidad de disponer de la adecuada protección colectiva u observarse vacíos al respecto a la integración de la seguridad en el proyecto de ejecución.

Cita el art. 10 del R.D. 1627/97 la aplicación de los principios de acción preventiva en las siguientes tareas o actividades:

- a) Mantenimiento de las obras en buen estado de orden y limpieza
- b) Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de vías de paso y circulación.
- c) La manipulación de los diferentes materiales y medios auxiliares.
- d) El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios con el objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- e) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los diferentes materiales, en particular los peligrosos.
- f) La recogida de materiales peligrosos utilizados
- g) El almacenamiento y la eliminación de residuos y escombros.
- h) La adaptación de los diferentes tiempos efectivos a dedicar a las distintas fases del trabajo.
- i) La cooperación entre Contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- j) Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se desarrolle de manera próxima.

Protecciones personales:

Cuando los trabajos requieran la utilización de prendas de protección personal, éstas llevarán el sello - CE- y serán adecuadas al riesgo que tratan de paliar, ajustándose en todo a lo establecido en el R.D. 773/97 de 30 de Mayo.

En caso de que un trabajador tenga que realizar un trabajo esporádico en alturas superiores a 2 m y no pueda ser protegido mediante protecciones colectivas adecuadas, deberá ir provisto de cinturón de seguridad homologado según (de sujeción o anticaídas según proceda), en vigencia de utilización (no caducada), con puntos de anclaje no improvisados, sino previstos en proyecto y en la planificación de los trabajos, debiendo acreditar previamente que ha recibido la formación suficiente por parte de sus mandos jerárquicos, para ser utilizado restrictivamente, pero con criterio.

Manipulación manual de cargas:

- No se manipularán manualmente por un solo trabajador más de 25 kg.

Para el levantamiento de una carga es obligatorio lo siguiente:

- Asentar los pies firmemente manteniendo entre ellos una distancia similar a la anchura de los hombros, acercándose lo más posible a la carga.
- Flexionar las rodillas, manteniendo la espalda erguida. Agarrar el objeto firmemente con ambas manos si es posible.
- El esfuerzo de levantar el peso lo debe realizar los músculos de las piernas.
- Durante el transporte, la carga debe permanecer lo más cerca posible del cuerpo, debiendo evitarse los giros de la cintura.

Para el manejo de cargas largas por una sola persona se actuará según los siguientes criterios preventivos:

- Llevará la carga inclinada por uno de sus extremos, hasta la altura del hombro.
- Avanzará desplazando las manos a lo largo del objeto, hasta llegar al centro de gravedad de la carga.
- Se colocará la carga en equilibrio sobre el hombro.
- Durante el transporte, mantendrá la carga en posición inclinada, con el extremo delantero levantado.
- Es obligatoria la inspección visual del objeto pesado a levantar para eliminar aristas afiladas.
- Es obligatorio el empleo de un código de señales cuando se ha de levantar un objeto entre varios, para aportar el esfuerzo al mismo tiempo. Puede ser cualquier sistema a condición de que sea conocido o convenido por el equipo.

Manipulación de cargas con la grúa

En todas aquellas operaciones que conlleven el empleo de aparatos elevadores, es recomendable la adopción de las siguientes normas generales:

- Señalar de forma visible la carga máxima que pueda elevarse mediante el aparato elevador utilizado.
- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Emplear para la elevación de materiales recipientes adecuados que los contengan, o se sujeten las cargas de forma que se imposibilite el desprendimiento parcial o total de las mismas.

- Las eslingas llevarán placa de identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas.
- De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima. Estarán libres de nudos y se enrollarán en tambores o polichas adecuadas.
- Para la elevación y transporte de piezas de gran longitud se emplearán palonniers o vigas de reparto de cargas, de forma que permita esparcir la luz entre apoyos, garantizando de esta forma la horizontalidad y estabilidad.
- El gruista antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera. Si durante el funcionamiento de la grúa se observara inversión de los movimientos, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata al la Dirección Técnica de la obra.

1.2.3 MEDIDAS PREVENTIVAS DE TIPO GENERAL

DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y DE SALUD QUE DEBERAN APLICARSE EN LAS OBRAS

Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras.

Observación preliminar: las obligaciones previstas en la presente parte del anexo se aplicaran siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

A. Ambito de aplicación de la parte A: la presente parte del anexo será de aplicación a la totalidad de la obra, incluidos los puestos de trabajo en las obras en el interior y en el exterior de los locales.

B. Estabilidad y solidez:

1) Deberá procurarse de modo apropiado y seguro, la estabilidad de los materiales y equipos y, en general, de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores.

2) El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente solo se autorizara en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de manera segura.

C. Instalaciones de suministro y reparto de energía.

1) La instalación eléctrica de los lugares de trabajo en las obras deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dicha instalación deberá satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

2) Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen ningún peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

3) El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

D. Vías y salidas de emergencia:

1) Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

2) En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.

3) El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como del número máximo de personas que puedan estar presente en ellos.

4) Las vías y salidas específicas deberán señalizarse conforme al R.D. 485/97.

Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

5) Las vías y salidas de emergencia, así como las de circulación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto para que puedan ser utilizadas sin trabas en ningún momento.

6) En caso de avería del sistema de alumbrado las vías de salida y emergencia deberán disponer de iluminación de seguridad de la suficiente intensidad.

E. Detección y lucha contra incendios:

1) Según las características de la obra y las dimensiones y usos de los locales los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales y del número de personas que pueda hallarse presentes, se dispondrá de un número suficiente de dispositivos contra incendios y, si fuere necesario detectores y sistemas de alarma.

2) Dichos dispositivos deberán revisarse y mantenerse con regularidad. Deberán realizarse periódicamente pruebas y ejercicios adecuados.

3) Los dispositivos no automáticos deben ser de fácil acceso y manipulación.

F. Ventilación:

1) Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a los trabajadores, estos deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente.

2) Si se utiliza una instalación de ventilación, se mantendrá en buen estado de funcionamiento y no se expondrá a corrientes de aire a los trabajadores.

G. Exposición a riesgos particulares:

1) Los trabajadores no estarán expuestos a fuertes niveles de ruido, ni a factores externos nocivos (gases, vapores, polvos).

2) Si algunos trabajadores deben permanecer en zonas cuya atmósfera pueda contener sustancias tóxicas o no tener oxígeno en cantidad suficiente o ser inflamable, dicha atmósfera deberá ser controlada y deberán adoptarse medidas de seguridad al respecto.

3) En ningún caso podrá exponerse a un trabajador a una atmósfera confinada de alto riesgo. Deberá estar bajo vigilancia permanente desde el exterior para que se le pueda prestar un auxilio eficaz e inmediato.

H. Temperatura: debe ser adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, teniendo en cuenta el método de trabajo y la carga física impuesta.

I. Iluminación:

1) Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación de obras deberán disponer de suficiente iluminación natural (si es posible) y de una iluminación artificial adecuada durante la noche y cuando no sea suficiente la natural.

Se utilizaran portátiles antichoque y el color utilizado no debe alterar la percepción de los colores de las señales o paneles.

2) Las instalaciones de iluminación de los locales, las vías y los puestos de trabajo deberán colocarse de manera que no creen riesgos de accidentes para los trabajadores.

J. Puertas y portones:

1) Las puertas correderas irán protegidas ante la salida posible de los raíles y caerse.

2) Las que abran hacia arriba deberán ir provistas de un sistema que le impida volver a bajarse.

3) Las situadas en recorridos de emergencia deberán estar señalizadas de manera adecuada.

4) En la proximidad de portones destinados a la circulación de vehículos se dispondrán puertas mas pequeñas para los peatones que serán señalizadas y permanecerán expeditas durante todo momento.

5) Deberán funcionar sin producir riesgos para los trabajadores, disponiendo de dispositivos de parada de emergencia y podrán abrirse manualmente en caso de averías.

K. Muelles y rampas de carga:

1) Los muelles y rampas de carga deberán ser adecuados a las dimensiones de las cargas transportadas.

2) Los muelles de carga deberán tener al menos una salida y las rampas de carga deberán ofrecer la seguridad de que los trabajadores no puedan caerse.

L. Espacio de trabajo: Las dimensiones del puesto de trabajo deberán calcularse de tal manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.

M. Primeros auxilios.

1) Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

Asimismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.

2) Cuando el tamaño de la obra o el tipo de actividad requieran, deberán contarse con uno o varios locales para primeros auxilios.

3) Los locales para primeros auxilios deberán estar dotados de las instalaciones y el material de primeros auxilios indispensables y tener fácil acceso para las camillas.

Deberán estar señalizados conforme el Real Decreto sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.

4) En todos los lugares en los que las condiciones de trabajo lo requieran se deberá disponer también de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso.

Una señalización claramente visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

N. Mujeres embarazadas y madres lactantes: Las mujeres embarazadas y las madres lactantes deberán tener la posibilidad de descansar tumbadas en condiciones adecuadas.

Ñ. Trabajadores minusválidos: Los lugares de trabajo deberán estar acondicionados teniendo en cuenta en su caso, a los trabajadores minusválidos.

O. Disposiciones varias:

1) Los accesos y el perímetro de la obra deberán señalizarse y destacarse de manera que sean claramente visibles e identificables.

2) En la obra, los trabajadores deberán disponer de agua potable y, en su caso, de otra bebida apropiada no alcohólica en cantidad suficiente, tanto en los locales que ocupen como cerca de los puestos de trabajo.

3) Los trabajadores deberán disponer de instalaciones para poder comer y, en su caso para preparar sus comidas en condiciones de seguridad y salud.

Parte B

Disposiciones mínimas específicas relativas a los puestos de trabajo en las obras en el interior de los locales.

Observación preliminar: las obligaciones previstas en la presente parte del anexo se aplicarán siempre que los exijan las características de la obra o de la actividad las circunstancias o cualquier riesgo.

A.- Estabilidad y solidez: Los locales deberán poseer la estructura y la estabilidad apropiadas a su tipo de utilización.

B.- Puertas de emergencia:

1) Las puertas de emergencia deberán abrirse hacia el exterior y no deberán estar cerradas, de tal forma que cualquier persona que necesite utilizarlas en caso de emergencia pueda abrirlas fácil e inmediatamente.

2) Estarán prohibidas como puertas de emergencia las puertas correderas y las puertas giratorias.

C.- Ventilación:

1) En caso de que se utilicen instalaciones de aire acondicionado o de ventilación mecánica, éstas deberán funcionar de tal manera que los trabajadores no estén expuestos a corrientes de aire molestas.

2) Deberá eliminarse con rapidez todo depósito de cualquier tipo de suciedad que pudiera entrañar un riesgo inmediato para la salud de los trabajadores por contaminación del aire que respiran.

D.- Temperatura:

1) La temperatura de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, De los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberá corresponder al uso específico de dichos locales.

2) Las ventanas, los vanos de iluminación cenitales y los tabiques acristalados deberá permitir evitar una insolación excesiva, teniendo en cuenta el tipo de trabajo y uso del local.

E. Suelo, paredes y techos de los locales:

1) Los suelos de los locales deberán estar libres de protuberancias, agujeros o planos inclinados peligrosos, y ser fijos, estables y no resbaladizos.

2) Las superficies de los suelos, las paredes y los techos de los locales se deberán poder limpiar y enlucir para lograr condiciones de higiene adecuadas.

3) Los tabiques transparentes o translúcidos y, en especial, los tabiques acristalados situados en los locales o en las proximidades de los puestos de trabajo y vías de circulación, deberán estar claramente señalizados y fabricados con materiales seguros o bien estar separados de dichos puestos y vías, para evitar que los trabajadores puedan golpearse con los mismos o lesionarse en caso de rotura de dichos tabiques.

F.- Ventanas y vanos de iluminación cenital:

1) Las ventanas, vanos de iluminación cenital y dispositivos de ventilación deberán poder abrirse, cerrarse, ajustarse y fijarse por los trabajadores de manera segura.

Cuando estén abiertos, no deberán quedar en posiciones que constituyan un peligro para los trabajadores.

2) Las ventanas y vanos de iluminación cenital deberán proyectarse integrando los sistemas de limpieza o deberán llevar dispositivos que permitan limpiarlos sin riesgo para los trabajadores que efectúen este trabajo ni para los demás trabajadores que se hallen presentes.

G.- Puertas y portones:

1) La posición, el número, los materiales de fabricación y las dimensiones de las puertas y portones se determinarán según el carácter y el uso de los locales.

2) Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista.

3) Las puertas y los portones que se cierren solos deberán ser transparentes o tener paneles transparentes.

4) Las superficies transparentes o translúcidas de las puertas o portones que no sean de materiales seguros deberán protegerse contra la rotura cuando ésta pueda suponer un peligro para los trabajadores.

H.- Vías de circulación: Para garantizar la protección de los trabajadores, el trazado de las vías de circulación deberá estar claramente marcado en la medida en que lo exijan la utilización y las instalaciones de los locales.

I.- Escaleras mecánicas y cintas rodantes:

Las escaleras mecánicas y las cintas rodantes deberán funcionar de manera segura y disponer de todos los dispositivos de seguridad necesarios. En particular deberán poseer dispositivos de parada de emergencia fácilmente identificables y de fácil acceso.

J.- Dimensiones y volumen de aire de los locales: Los locales deberán tener una superficie y una altura que permitan que los trabajadores llevar a cabo su trabajo sin riesgos para su seguridad, su salud o su bienestar.

Parte C

Disposiciones mínimas específicas relativas a puestos de trabajo en las obras en el exterior de los locales.

Observación preliminar las obligaciones previstas en la presente parte del anexo se paliarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad las circunstancias o cualquier riesgo.

A.- Estabilidad y solidez:

1) Los puestos de trabajo móviles o fijos situados por encima o por debajo del nivel del suelo deberán ser sólidos y estables teniendo en cuenta:

1º.- El número de trabajadores que lo ocupen.

2º.- Las cargas máximas que, en su caso, puedan tener que soportar, así como su distribución.

3º.- Los factores externos que pudieran afectarles.

2) En caso de que los soportes y los demás elementos de estos lugares de trabajo no poseyeran estabilidad propia, se deberán garantizar su estabilidad mediante elementos de fijación apropiados y seguros con el fin de evitar cualquier desplazamiento inesperado o involuntario del conjunto o de parte de dichos puestos de trabajo.

3) Deberá verificarse de manera apropiada la estabilidad y la solidez, y especialmente después de cualquier modificación de la altura o de la profundidad del puesto de trabajo.

B.- Caída de objetos:

1) Los trabajadores deberán estar protegidos contra la caída de objetos o materiales, para ello se utilizarán siempre que sea técnicamente posible, medidas de protección colectiva.

2) Cuando sea necesario, se establecerán pasos cubiertos o se impedirá el acceso a las zonas peligrosas.

3) Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.

C.- Caídas de altura:

1) Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.

Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.

2) Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse en principio, con la ayuda de equipos concebidos para el fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad.

Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberán disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente.

3) La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, periodo de no utilización o cualquier otra circunstancia.

D.- Factores atmosféricos: Deberá protegerse a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y su salud.

E.- Andamios y escaleras:

1) Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente.

2) Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas tengan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas de ajustará al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

3) Los andamios deberán ir inspeccionados por una persona competente:

1º.- Antes de su puesta en servicio.

2º.- A intervalos regulares en lo sucesivo.

3º.- Después de cualquier modificación, periodo de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.

4) Los andamios móviles deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios.

5) Las escaleras de mano deberán cumplir las condiciones de diseño y utilización señaladas en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

F.- Aparatos elevadores:

1) Los aparatos elevadores y los accesorios de izado utilizados en la obra, deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los aparatos elevadores y los accesorios de izado deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

2) Los aparatos elevadores y los accesorios de izado incluido sus elementos constitutivos, sus elementos de fijación, anclaje y soportes, deberán:

1º.- Ser de buen diseño y construcción y tener una resistencia suficiente para el uso al que estén destinados.

2º.- Instalarse y utilizarse correctamente.

3º.- Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido una formación adecuada.

3) En los aparatos elevadores y en los accesorios de izado se deberá colocar de manera visible, la indicación del valor de su carga máxima.

4) Los aparatos elevadores lo mismo que sus accesorios no podrán utilizarse para fines distintos de aquéllos a los que estén destinados.

G.- Vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales:

1) Los vehículos y maquinaria para movimiento de tierra y manipulación de materiales deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

En todo caso y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

2) Todos los vehículos y toda maquinaria para movimientos de tierras y para manipulación de materiales deberán:

- 1º.- Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuanto, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
- 2º.- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- 3º.- Utilizarse correctamente.

3) Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.

4) Deberán adoptarse medidas preventivas para evitar que caigan en las excavaciones o en el agua vehículos o maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales.

5) Cuando sea adecuado, las maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán estar equipadas con estructuras concebidas para proteger el conductor contra el aplastamiento, en caso de vuelco de la máquina, y contra la caída de objetos.

H.- Instalaciones, máquinas y equipo:

1) Las instalaciones, máquinas y equipos utilizados en las obras deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

En todo caso, y a salvo de las disposiciones específicas de la normativa citada, las instalaciones, máquina y equipos deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.

2) Las instalaciones, máquinas y equipos incluidas las herramientas manuales o sin motor, deberán:

1º.- Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.

2º.- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.

3º.- Utilizarse exclusivamente para los trabajos que hayan sido diseñados.

4°.- Ser manejados por trabajadores que hayan recibido una formación adecuada.

3) Las instalaciones y los aparatos a presión deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

I.- Movimientos de tierras, excavaciones, pozos, trabajos subterráneos y túneles:

1) Antes de comenzar los trabajos de movimientos de tierras, deberán tomarse medidas para localizar y reducir al mínimo los peligros debidos a cables subterráneos y demás sistemas de distribución.

2) En las excavaciones, pozos, trabajos subterráneos o túneles deberán tomarse las precauciones adecuadas:

1°.- Para prevenir los riesgos de sepultamiento por desprendimiento de tierras, caídas de personas, tierras, materiales u objetos, mediante sistemas de entibación, blindaje, apeo, taludes u otras medidas adecuadas.

2°.- Para prevenir la irrupción accidental de agua mediante los sistemas o medidas adecuado.

3°.- Para garantizar una ventilación suficiente en todos los lugares de trabajo de manera que se mantenga una atmósfera apta para la respiración que no sea peligrosa o nociva para la salud.

4°.- Para permitir que los trabajadores quedan ponerse a salvo en caso de que se produzca un incendio o una irrupción de agua o la caída de materiales.

3) Deberán preverse vías seguras para entrar y salir de la excavación.

4) Las acumulaciones de tierras, escombros o materiales y los vehículos en movimiento deberán mantenerse alejados de las excavaciones o deberán tomarse las medidas adecuadas en su caso mediante la construcción de barreras, para evitar su caída en las mismas o el derrumbamiento del terreno.

J.- Instalaciones de distribución de energía:

1) Deberán verificarse y mantenerse con regularidad las instalaciones de distribución de energía presentes en la obra, en particular las que estén sometidas a factores externos.

2) Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra deberán estar localizadas, verificadas y señalizadas claramente.

3) Cuando existen líneas de tendido eléctrico aéreas que puedan afectar a la seguridad en la obra será necesario desviarlas fuera del recinto de la obra o dejarlas sin tensión. Si esto no fuera posible, se colocarán barreras o avisos para que los vehículos y las instalaciones se mantengan alejados de las mismas.

En caso de que vehículos de la obra tuvieran que circular bajo el tendido se utilizarán una señalización de advertencia y una protección de delimitación de altura.

K.- Estructuras metálicas o de hormigón, encofrados y piezas prefabricadas pesadas:

1) Las estructuras metálicas o de hormigón y sus elementos, los encofrados, las piezas prefabricadas pesadas o los soportes temporales y los apuntalamientos sólo se podrán montar o desmontar bajo vigilancia, control y dirección de una persona competente.

2) Los encofrados, los soportes temporales y los apuntalamientos deberán proyectarse, calcularse, montarse y mantenerse de manera que puedan soportar sin riesgo las cargas a que sean sometidos.

3) Deberán adoptarse las medidas necesarias para proteger a los trabajadores contra los peligros derivados de la fragilidad o inestabilidad temporal de la obra.

L.- Otros trabajos específicos:

1) Los trabajos de derribo o demolición que puedan suponer un peligro para los trabajadores deberán estudiarse, planificarse y emprenderse bajo la supervisión de una persona competente y deberán realizarse adoptando las precauciones, métodos y procedimientos apropiados.

2) En los trabajos en tejados deberán adoptarse las medidas de protección colectiva que sean necesarias en atención a la altura, inclinación o posible carácter o estado resbaladizo, para evitar la caída de trabajadores, herramientas o materiales.

Asimismo cuando haya que trabajar sobre o cerca de superficies frágiles, se deberán tomar las medidas preventivas adecuadas para evitar que los trabajadores las pisen inadvertidamente o caigan a través suyo.

3) Los trabajos con explosivos, así como los trabajos en cajones de aire comprimido se ajustarán a lo dispuesto en su normativa específica.

4) Las ataguías deberán estar bien construidas, con materiales apropiados y sólidos, con una resistencia suficiente y provistas de un equipamiento adecuado para que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de irrupción de agua y de materiales.

5) La construcción, el montaje, la transformación o el desmontaje de una ataguía deberá realizarse únicamente bajo la vigilancia de una persona competente.

Asimismo las ataguías deberán ser inspeccionadas por una persona competente a intervalos regulares.

Evacuación de escombros:

La evacuación de escombros se no se debe realizar nunca por "lanzamientos libres" de los escombros desde niveles superiores hasta el suelo.

Se emplearan cestas, bateas en el caso de realizarse con la grúa, aunque se recomienda el uso de tubos de descarga por su economía e independencia de la grúa.

En la evacuación de escombros mediante tubos de descarga se deben seguir las siguientes medidas precautorias:

- Seguir detalladamente las instrucciones de montaje facilitadas por el fabricante.
- Los trozos de escombros de grandes longitudes se fragmentaran, con objeto de no producir atascos en el tubo.
- En el punto de descarga final se situará un contenedor que facilite la evacuación, y disminuya la dispersión del acopio.

- Las inmediaciones del punto de descarga se delimitará y señalizará el riesgo de caída de objetos.

1.2.4 **NORMATIVA PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA:**

ALBAÑILERIA

Se tendrá en cuenta la existencia o no de conducciones eléctricas aéreas a fin de solicitar a la compañía correspondiente el desvío, apantallado o descargo que corresponda.

Se estudiará la necesidad de utilizar uno u otro medio de suministro de mortero y de manutención de materiales, primando sobre cualquier otro criterio, la garantía de la seguridad de los trabajadores al realizar su puesta en obra.

Cuando sea previsible el paso de peatones o vehículos junto al borde de los huecos a se deberá asegurarse el acopio, de vallas o palenques móviles que deberán estar iluminados cada 10 metros.

La construcción de fábrica de ladrillo, se efectuará desde andamios tubulares que se montarán a todo el perímetro de la obra.

El cerramiento de fachadas con ladrillos o bloques de cara vista, jamás se realizará desde andamios colgantes con plataforma de tablonos sobre liras suspendidas de ternaes o trócolas.

La utilización de andamios metálicos colgados tipo góndola también tiene que ser considerada con carácter restrictivo, por el riesgo potencial que comporta su utilización.

Su empleo tiene que estar técnica y documentalmente justificado por el compromiso escrito de la Dirección Facultativa y por la correcta instalación avalada con certificados de mantenimiento preventivo y de control periódico por parte del contratista que tenga adjudicada la realización de ésta partida. Asimismo, el personal que trabaje sobre andamios suspendidos, debe disponer de una amplia experiencia en su utilización, y siempre utilizando el cinturón de seguridad amarrado mediante dispositivo de retención a una sirga de seguridad y desplazamiento anclada a la estructura del edificio.

Cuando la construcción de la obra de fábrica de ladrillo no pueda ser ejecutada desde andamios tubulares, y si las circunstancias técnicas lo permiten, se efectuará desde el interior de la obra y sobre el forjado, estando protegidos los operarios contra el riesgo de caída de altura, mediante redes horizontales situadas en la planta inmediatamente inferior o redes verticales sujetas a horcas metálicas.

Cuando un trabajador tenga que realizar su trabajo en alturas superiores a 2 m y no pueda ser protegido mediante protecciones colectivas adecuadas, deberá ser provisto de cinturón de seguridad (de sujeción o anticaídas según proceda), en vigencia de utilización (no caducada), con puntos de anclaje no improvisados, sino previstos en proyecto y en la planificación de los trabajos, debiendo acreditar previamente que ha recibido la formación suficiente por parte de sus mandos jerárquicos, para ser utilizado restrictivamente, pero con criterio.

Se comprobará la situación, estado y requisitos de los medios de transporte y elevación de los materiales para la ejecución de éstos trabajos (grúas, cabrestante, uñas portapalets, eslingas, carretilla portapalets, plataformas de descarga, etc.), con antelación a su utilización.

Se restringirá el paso de personas bajo las zonas de vuelo, durante las operaciones de manutención de materiales mediante el empleo de grúa, colocándose señales y balizas convenientemente.

En los accesos a los tajos, se procederá a la formación de zonas de paso mediante pasarelas de 0,60 m de anchura mínima, compuestas por tablonces con objeto de que las personas que circulen no tengan que hacerlo por encima de los bloques, ferralla, viguetas y bovedillas. Estas plataformas estarán formadas por tableros de longitud tal que abarquen, como mínimo, tres viguetas.

Los huecos horizontales que puedan quedar al descubierto sobre el terreno a causa de los trabajos, cuyas dimensiones puedan permitir la caída de personas a su interior, deberán ser condenados al nivel de la cota de trabajo instalando si es preciso pasarelas completas y reglamentarias para los viandantes o personal de obra. Esta norma deberá cumplirse cuando existan esperas posicionadas verticalmente.

No se suprimirán de los andamios los atirantamientos o los arriostramientos en tanto en cuanto no se supriman o contrarresten las tensiones que inciden sobre ellos. Las plataformas de trabajo estarán dotadas con barandillas perimetrales reglamentarias, tendrá escalera de "gato" con aros salvavidas o criolina de seguridad a partir de 2 m de altura sobre el nivel del suelo, o escalera de acceso completamente equipada sobre estructura tubular y deberá estar convenientemente arriostrada, de forma que se garantice su estabilidad.

En andamios de estructura tubular, los accesos a los distintos niveles, se realizarán por medio de sus correspondientes escaleras inclinadas interiores, dotadas con trampillas de acceso abatibles en cada plataforma horizontal.

No se instalarán andamios en las proximidades de líneas en tensión. Se pueden estimar como correctas las siguientes distancias de seguridad: 3 m para líneas de hasta 5.000 V y 5 m por encima de 5.000 V

No se dejarán nunca clavos en las maderas.

Cuando se realicen trabajos en niveles superpuestos se protegerán a los trabajadores de los niveles inferiores con redes, marquesinas rígidas o elementos de protección equivalentes.

Cuando por el proceso productivo se tengan que retirar las redes de seguridad, se realizará simultaneando este proceso con la colocación de barandillas y rodapiés o clausurando los huecos horizontales, de manera que se evite la exposición a caída de altura.

EJECUCION DE TRABAJOS PARA LA INSTALACION DE MAQUINARIA.

Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

La existencia o no de conducciones eléctricas aéreas.

La Coordinación de seguridad y salud, la Dirección Facultativa conjuntamente con el máximo Responsable Técnico del Contratista a pie de obra deberán comprobar previamente el conjunto de los siguientes aspectos:

- Revisión de los planos del proyecto y de obra.
- Replanteo.
- Maquinaria y herramientas adecuadas.
- Andamios, cimbras y apeos.
- Soldaduras.
- Colocación de elementos auxiliares embebidos en el hormigón.
- Aberturas no incluidas en los planos.
- Condiciones de almacenamiento de los materiales.
- Previsión de las juntas de dilatación.

La Dirección Facultativa informará al constructor de los riesgos y dificultades que, si bien están minimizados, no se han podido solventar en fase de proyecto. Mediante el Estudio de Seguridad, el constructor debe realizar un Plan de seguridad en el que se prevea, lo más detalladamente posible, como reducir al mínimo estos riesgos.

Procurar que los distintos elementos ensamblables utilizados para realizar las operaciones tradicionales de montaje, así como la plataforma de apoyo y de trabajo del operario, estén a la altura en que se ha de trabajar con ellos. Cada vez que se sube o se baja una pieza o se desplaza un operario para recogerla, existe la posibilidad de evitar una manipulación y/o un desplazamiento.

Acortar en lo posible las distancias a recorrer por el material manipulado evitando estacionamientos intermedios entre el lugar de partida del material de montaje y el emplazamiento definitivo de su puesta en obra.

Se comprobará la situación estado y requisitos de los medios de transporte, elevación y puesta en obra de los perfiles y las máquinas, con antelación a su utilización.

Se restringirá el paso de personas bajo las zonas afectadas por el montaje y las soldaduras, colocándose señales y balizas que adviertan del riesgo.

La descarga de los perfiles, soportes y cerchas, se efectuará teniendo cuidado de que las acciones dinámicas repercutan lo menos posible sobre la estructura en construcción.

Durante el izado y la colocación de los elementos estructurales y/o máquinas, deberá disponerse de una sujeción de seguridad (seguricable), en previsión de la rotura de los ganchos o ramales de las eslingas de transporte.

Cuando un trabajador tenga que realizar su trabajo en alturas superiores a 2 m y su plataforma de apoyo no disponga de protecciones colectivas en previsión de caídas, deberá estar equipado con un cinturón de seguridad homologado (de sujeción o anticaídas según proceda) unido a sirga de desplazamiento convenientemente afianzada a puntos sólidos de la estructura siempre que esté perfectamente arriostrada.

No se suprimirán de los elementos estructurales, los atirantamientos o los arriostramientos en tanto en cuanto no se supriman o contrarresten las tensiones que inciden sobre ellos.

En los trabajos de soldadura sobre lugares situados a más de 2 m de altura, se emplearán, a ser posible, torretas metálicas ligeras, dotadas con barandillas perimetrales reglamentarias, en la plataforma, tendrá escalera de "gato" con aros salvavidas o criolina de seguridad a partir de 2 m de altura sobre el nivel del suelo, y deberá estar debidamente arriestrada de forma que se garantice la estabilidad.

Las plataformas elevadoras de trabajo portátiles, son la solución ideal para trabajos en cotas medias (hasta 10 m generalmente).

No se instalarán andamios en las proximidades de líneas en tensión. Se pueden estimar como correctas las siguientes distancias de seguridad: 3 m para líneas de hasta 5.000 V y 5 m por encima de 5.000 V.

FORMACION DE CUBIERTAS

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberán de haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Se estudiará la necesidad de utilizar uno u otro medio de hormigonado y de manutención de materiales, primando sobre cualquier otro criterio, la garantía de la seguridad de los trabajadores al realizar su puesta en obra.

Se tendrá en cuenta la existencia o no de conducciones eléctricas aéreas a fin de solicitar a la compañía correspondiente el desvío, apantallado o descargo que corresponda.

En este tipo de trabajos por el riesgo que implica la constante manipulación de piezas constructivas (viguetas, bovedillas, lana mineral, tela asfáltica, etc.), posición del operario durante los trabajos, y posibilidad de caída de personas u objetos al exterior del perímetro de la obra, deben extremarse las condiciones de orden y limpieza.

Desde la fase de proyecto, ya se habrá previsto del tipo de protección colectiva contra caídas de altura, que se instalará en el perímetro de cubierta, así como los puntos de anclaje de las sirgas de desplazamiento y sujeción de los cinturones de seguridad, en la fase de desmontaje de aquellas.

Cuando un trabajador tenga que realizar su trabajo en alturas superiores a 2 m y no pueda ser protegido mediante protecciones colectivas adecuadas, deberá ser provisto de cinturón de seguridad homologado (de sujeción o anticaídas según proceda), en vigencia de utilización (no caducada), con puntos de anclaje no improvisados, debiendo acreditar previamente que ha recibido la formación suficiente por parte de sus mandos jerárquicos, para ser utilizado restrictivamente, pero con criterio.

Se efectuará un estudio técnico de habilitación de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, torretas, zonas de paso y plataformas de acceso, y poderlos utilizar de forma conveniente.

Se comprobará la situación estado y requisitos de los medios de transporte y elevación de los materiales para la ejecución de éstos trabajos (grúas, cabrestante, uñas portapalets, eslingas, carretilla portapalets, plataformas de descarga, etc.), con antelación a su utilización.

Se restringirá el paso de personas bajo las zonas de vuelo, durante las operaciones de manutención de materiales mediante el empleo de grúa, colocándose señales y balizas convenientemente.

En los accesos a los tajos, se procederá a la formación de zonas de paso mediante pasarelas de 0,60 m. de anchura mínima, compuestas por tablonces con objeto de que las personas que circulen no tengan que hacerlo por encima de los bloques, ferralla, viguetas y bovedillas. Estas plataformas estarán formadas por tableros de longitud tal que abarque, como mínimo, tres viguetas.

Los huecos horizontales que puedan quedar al descubierto sobre el forjado a causa de los trabajos, cuyas dimensiones puedan permitir la caída de personas a su interior, deberán ser condenados al nivel de la cota de trabajo instalando si es preciso pasarelas completas y reglamentarias para el personal de obra.

No se suprimirán de los elementos estructurales que conforman la cubierta, los atirantamientos o los arriostramientos, en tanto en cuanto no se supriman o contrarresten las tensiones que inciden sobre ellos.

Las plataformas de trabajo estarán dotadas con barandillas perimetrales reglamentarias, tendrá escalera de "gato" con aros salvavidas o criolina de seguridad a partir de 2 m. de altura sobre el nivel del suelo, o escalera de acceso completamente equipada sobre estructura tubular y deberá estar convenientemente arriestrada, de forma que se garantice su estabilidad.

En andamios de estructura tubular, los accesos a los distintos niveles, se realizarán por medio de sus correspondientes escaleras inclinadas interiores, dotadas con trampillas de acceso abatibles en cada plataforma horizontal.

No se instalarán andamios en las proximidades de líneas en tensión. Se pueden estimar como correctas las siguientes distancias de seguridad: 3 m para líneas de hasta 5.000 V y 5 m por encima de 5.000 V

No se dejarán nunca clavos en las maderas.

Cuando se realicen trabajos en niveles superpuestos se protegerán a los trabajadores de los niveles inferiores con redes marquesinas rígidas o elementos de protección equivalentes.

Cuando por el proceso productivo se tengan que retirar las redes de seguridad, se realizará simultaneando este proceso con la colocación de barandillas y rodapiés o clausurando los huecos horizontales, de manera que se evite la existencia de aberturas sin protección.

En la construcción de las escaleras fijas se procurará que éstas se realicen en su totalidad, dotadas de peldañado definitivo y protección lateral en previsión de caídas por el hueco de escaleras, a fin de que puedan ser utilizadas por los operarios en sus desplazamientos de una planta a otra.

Como norma general se suspenderán los trabajos cuando llueva, descienda la temperatura por debajo de 0°C. o exista viento con una velocidad superior a 50 k/h en este último caso se retirarán los materiales y herramientas que puedan desprenderse.

INSTALACIONES DE GAS

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

Se efectuará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, torretas, zonas de paso y formas de acceso, y poderlos utilizar de forma conveniente.

En general, en la acometida al nivel de la calle, las vallas o palenques acotarán no menos de 1 m el paso de peatones y 2 m el de vehículos.

INSTALACIONES ELECTRICAS ALTA TENSIÓN

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

Se efectuará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, torretas, zonas de paso y formas de acceso, y poderlos utilizar de forma conveniente. En general las vallas o palenques acotarán no menos de 1 m el paso de peatones y 2 m el de vehículos.

Después de haber adoptado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de los aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:

Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.

Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro y los conductores de alumbrado público, si existieran. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere.

Delimitar la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

Protecciones personales

Los guantes aislantes, además de estar perfectamente conservados y ser verificados frecuentemente, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.

En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, bornas o zonas en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de: casco de seguridad normalizado para A.T., pantalla facial de policarbonato con atalaje aislado, gafas con ocular filtrante de color ópticamente neutro, guantes dieléctricos (en la actualidad se fabrican hasta 30.000 V), o si se precisa mucha precisión, guantes de cirujano bajo guantes de tacto en piel de cabritilla curtida al cromo con manguitos incorporados (tipo taponero).

Intervención en instalaciones eléctricas

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión;

- El circuito es abrirá con corte visible.
- Los elementos de corte se enclavarán en posición de abierto, si es posible con llave.
- Se señalarán los trabajos mediante letrero indicador en los elementos de corte.

INSTALACIONES ELECTRICAS BAJA TENSION

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

Se efectuará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, torretas, zonas de paso y formas de acceso, y poderlos utilizar de forma conveniente.

En general las vallas o palenques acotarán no menos de 1 m el paso de peatones y 2 m el de vehículos.

Después de haber adoptado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de los aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:

Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.

Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro y los conductores de alumbrado público, si existieran. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere.

Delimitar la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

Protecciones personales.

Los guantes aislantes, además de estar perfectamente conservados y ser verificados frecuentemente, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.

En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, bornas o zonas en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de: casco de seguridad normalizado para A.T., pantalla facial de policarbonato con atalaje aislado, gafas con ocular filtrante de color ópticamente neutro, guantes dieléctricos (en la actualidad se fabrican hasta 30.000 V), o si se precisa mucha precisión, guantes de cirujano bajo guantes de tacto en piel de cabritilla curtida al cromo con manguitos incorporados (tipo taponero).

Intervención en instalaciones eléctricas

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión:

- El circuito es abrirá con corte visible.
- Los elementos de corte se enclavarán en posición de abierto, si es posible con llave.
- Se señalarán los trabajos mediante letrero indicador en los elementos de corte.

INSTALACIONES ELECTRICAS EDIFICIOS Y LOCALES

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.

En general las vallas o palenques acotarán no menos de 1 m el paso de peatones y 2 m el de vehículos.

Después de haber adoptado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de los aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:

Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.

Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro y los conductores de alumbrado público, si existieran.

Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere.

Delimitar la zona de trabajo, señalándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

Protecciones personales:

Los guantes aislantes, además de estar perfectamente conservados y ser verificados frecuentemente, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.

En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, bornas o zonas en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de: caco de seguridad normalizado para A.T., pantalla facial de policarbonato con atalaje aislado, gafas con ocular filtrante de color ópticamente neutro, guantes dieléctricos (en la actualidad se fabrican hasta 30.000 V), o si se precisa mucha precisión, guantes de cirujano bajo guantes de tacto en piel de cabritilla curtida al cromo con manguitos incorporados (tipo taponero).

Intervención en instalaciones eléctricas

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión; se seguirán al menos tres de las siguientes reglas (cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica):

El circuito se abrirá con corte visible. Los elementos de corte se enclavarán en posición de abierto, si es posible con llave.

Se señalarán los trabajos mediante letrero indicador en los elementos de corte "PROHIBIDO MANIOBRAR PERSONAL TRABAJANDO".

Se verificará la ausencia de tensión con un discriminador de tensión ó medidor de tensión.

Se cortocircuitarán las fases y se pondrá a tierra.

Los trabajos en tensión se realizarán cuando existan causas muy justificadas, se realizarán por parte de personal autorizado y adiestrado en los métodos de trabajo a seguir, estando en todo momento presente un Jefe de trabajos que supervisará la labor del grupo de trabajo. Las herramientas que utilicen y prendas de protección personal deberá ser homologado.

Al realizar trabajos en proximidad a elementos en tensión, se informará al personal de este riesgo y se tomarán las siguientes precauciones:

En un primer momento se considerará si es posible cortar la tensión en aquellos elementos que producen la el riesgo.

Si no es posible cortar la tensión se protegerá mediante mamparas aislantes (vinilo).

1.2.5 DIRECTRICES GENERALES PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS DORSOLUMBARES

En la aplicación de lo dispuesto en el anexo del R.D. 487/97 se tendrán en cuenta, en su caso, los métodos o criterios a que se refiere el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

1. Características de la carga.

La manipulación manual de una carga puede presentar un riesgo, en particular dorsolumbar, en los casos siguientes:

Cuando la carga es demasiado pesada o demasiado grande.

Cuando es voluminosa o difícil de sujetar.

Cuando está en equilibrio inestable o su contenido corre el riesgo de desplazarse.

Cuando está colocada de tal modo que debe sostenerse o manipularse a distancia del tronco o con torsión o inclinación del mismo.

Cuando la carga, debido a su aspecto exterior o a su consistencia, puede ocasionar lesiones al trabajador, en particular en caso de golpe.

2. Esfuerzo físico necesario.

Un esfuerzo físico puede entrañar un riesgo, en particular dorsolumbar, en los casos siguientes:

Cuando es demasiado importante.

Cuando no puede realizarse más que por un movimiento de torsión o de flexión del tronco.

Cuando puede acarrear un movimiento brusco de la carga.

Cuando se realiza mientras el cuerpo está en posición inestable.

Cuando se trate de alzar o descender la carga con necesidad de modificar el agarre.

3. Características del medio de trabajo.

Las características del medio de trabajo pueden aumentar el riesgo, en particular dorsolumbar en los casos siguientes:

Cuando el espacio libre, especialmente vertical, resulta insuficiente para el ejercicio de la actividad de que se trate.

Cuando el suelo es irregular y, por tanto, puede dar lugar a tropiezos o bien es resbaladizo para el calzado que lleve el trabajador.

Cuando la situación o el medio de trabajo no permite al trabajador la manipulación manual de cargas a una altura segura y en una postura correcta.

Cuando el suelo o el plano de trabajo presentan desniveles que implican la manipulación de la carga en niveles diferentes.

Cuando el suelo o el punto de apoyo son inestables.

Cuando la temperatura, humedad o circulación del aire son inadecuadas.

Cuando la iluminación no sea adecuada.

Cuando exista exposición a vibraciones.

4. Exigencias de la actividad.

La actividad puede entrañar riesgo, en particular dorsolumbar, cuando implique una o varias de las exigencias siguientes:

Esfuerzos físicos demasiado frecuentes o prolongados en los que intervenga en particular la columna vertebral.

Período insuficiente de reposo fisiológico o de recuperación.

Distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte.

Ritmo impuesto por un proceso que el trabajador no pueda modular.

5. Factores individuales de riesgo.

Constituyen factores individuales de riesgo:

La falta de aptitud física para realizar las tareas en cuestión.

La inadecuación de las ropas, el calzado u otros efectos personales que lleve el trabajador.

La insuficiencia o inadaptación de los conocimientos o de la formación.

La existencia previa de patología dorsolumbar.

1.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1.3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO GENERAL

Mantenimiento preventivo:

El articulado y Anexos del R.D. 1215/97 de 18 de Julio indica la obligatoriedad por parte del empresario de adoptar las medidas preventivas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y salud de los trabajadores al utilizarlos.

Si esto no fuera posible, el empresario adoptará las medidas adecuadas para disminuir esos riesgos al mínimo.

Como mínimo, sólo deberán ser utilizados equipos que satisfagan las disposiciones legales o reglamentarias que les sean de aplicación y las condiciones generales previstas en el Anexo I.

Cuando el equipo requiera una utilización de manera o forma determinada se adoptarán las medidas adecuadas que reserven el uso a los trabajadores especialmente designados para ello.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en condiciones tales que satisfagan lo exigido por ambas normas citadas.

Son obligatorias las comprobaciones previas al uso, las previas a la reutilización tras cada montaje, tras el mantenimiento o reparación, tras exposiciones a influencias susceptibles de producir deterioros y tras acontecimientos excepcionales.

Todos los equipos, de acuerdo con el artículo 41 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/95), estarán acompañados de instrucciones adecuadas de funcionamiento y condiciones para las cuales tal funcionamiento es seguro para los trabajadores.

Los artículos 18 y 19 de la citada Ley indican la información y formación adecuadas que los trabajadores deben recibir previamente a la utilización de tales equipos. El constructor, justificará que todas las maquinas, herramientas, máquinas herramientas y medios auxiliares, tienen su correspondiente certificación -CE- y que el mantenimiento preventivo, correctivo y la reposición de aquellos elementos que por deterioro o desgaste normal de uso, haga desaconsejarse su utilización sea efectivo en todo momento.

Los elementos de señalización se mantendrán en buenas condiciones de visibilidad y en los casos que se considere necesario, se regarán las superficies de tránsito para eliminar los ambientes pulvígenos, y con ello la suciedad acumulada sobre tales elementos.

La instalación eléctrica provisional de obra se revisará periódicamente, por parte de un electricista, se comprobarán las protecciones diferenciales, magnetotérmicos, toma de tierra y los defectos de aislamiento.

En las máquinas eléctrica portátiles, el usuario revisará diariamente los cables de alimentación y conexiones; así como el correcto funcionamiento de sus protecciones.

Las instalaciones, máquinas y equipos, incluidas las de mano, deberán:

- 1) Estar bien proyectados y construidos teniendo en cuenta los principios de la ergonomía.
- 2) Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- 3) Utilizarse exclusivamente para los trabajos que hayan sido diseñados.
- 4) Ser manejados por trabajadores que hayan sido formados adecuadamente.

Las herramientas manuales serán revisadas diariamente por su usuario, reparándose o sustituyéndose según proceda, cuando su estado denote un mal funcionamiento o represente un peligro para su usuario. (mangos agrietados o astillados).

1.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA:

ALBAÑILERIA

Se asegurará que todos los elementos del encofrado están firmemente sujetos antes de abandonar el puesto de trabajo.

Se revisarán diariamente la estabilidad y buena colocación de los andamios, así como el estado de los materiales que lo componen, antes de iniciar los trabajos.

Se extremará esta precaución cuando los trabajos hayan estado interrumpidos más de un día y/o de alteraciones atmosféricas de lluvia o heladas.

Antes de la puesta en marcha se comprobará siempre el estado del disco de la sierra circular y el correcto emplazamiento y articulación de sus protectores y resguardos.

Se revisará periódicamente el estado de los cables y ganchos utilizados para el transporte de cargas.

EJECUCIÓN DE TRABAJOS PARA LA INSTALACIÓN DE MAQUINARIA.

Se revisará diariamente el estado del cable de los aparatos de elevación, detectando deshilachados, roturas o cualquier otro desperfecto que impida el uso de estos cables con entera garantía así como las eslingas.

Efectuar al menos trimestralmente una revisión a fondo de los elementos de los aparatos de elevación, prestando especial atención a cables, frenos, contactos eléctricos y sistemas de mando.

Realizar el mantenimiento preventivo de la grúa de conformidad a la ITC-AEM2 sobre grúas torre.

Se asegurará de que todos los elementos de la estructura metálica en fase de montaje, están firmemente sujetos antes de abandonar el puesto de trabajo.

Se revisarán diariamente la estabilidad y buena colocación de los andamios, apeos y cables de atirantado, así como el estado de los materiales que lo componen, antes de iniciar los trabajos.

Se inspeccionará periódicamente los cables e interruptores diferenciales de la instalación eléctrica.

Se comprobará siempre antes de su puesta en marcha, el estado del disco de la tronzadora circular y de la esmeriladora manual.

Diariamente, antes de poner en funcionamiento el equipo de soldadura, se revisarán por los usuarios, los cables de alimentación, conexiones, pinzas, y demás elementos del equipo eléctrico.

Diariamente el responsable del tajo, antes de iniciar el trabajo, comprobará la estabilidad de los andamios y sus accesos.

FORMACION DE CUBIERTAS

Se revisará diariamente el estado del cable de los aparatos de elevación, detectando deshilachados, roturas o cualquier otro desperfecto que impida el uso de estos cables con entera garantía así como las eslingas.

Efectuar al menos trimestralmente una revisión a fondo de los elementos de los aparatos de elevación, prestando especial atención a cables, frenos, contactos eléctricos y sistemas de mando.

Realizar el mantenimiento preventivo de la grúa de conformidad a la ITC-AEM2 sobre grúas torre.

Se revisarán diariamente la estabilidad y buena colocación de los andamios, así como el estado de los materiales que lo componen, antes de iniciar los trabajos.

Se extremará esta precaución cuando los trabajos hayan estado interrumpidos más de un día y/o de alteraciones atmosféricas de lluvia o heladas.

Antes de la puesta en marcha se comprobará siempre el estado del disco de la sierra circular y el correcto emplazamiento y articulación de sus protectores y resguardos.

Se revisará periódicamente el estado de los cables y ganchos utilizados para el transporte de cargas.

INSTALACIONES DE GAS

Mantenimiento preventivo particular ya incluido en el presente estudio.

INSTALACIONES ELECTRICAS ALTA TENSION

Medidas preventivas de esta fase de obra ya incluidas en el epígrafe de medidas preventivas generales.

INSTALACIONES ELECTRICAS BAJA TENSION

Medidas preventivas de esta fase de obra ya incluidas en el epígrafe de medidas preventivas generales.

INSTALACIONES ELECTRICAS EDIFICIOS Y LOCALES

Medidas preventivas de esta fase de obra ya incluidas en el epígrafe de medidas preventivas generales.

1.4 INSTALACIONES GENERALES DE HIGIENE EN LA OBRA

1.4.1 Servicios higiénicos:

a) Cuando los trabajadores tengan que llevar ropa especial de trabajo deberán tener a su disposición vestuarios adecuados.

Los vestuarios deberán ser de fácil acceso, tener las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador poner a secar, si fuera necesario, su ropa de trabajo.

Cuando las circunstancias lo exijan (por ejemplo, sustancias peligrosas, humedad, suciedad), la ropa de trabajo deberá ponerse guardarse separada de la ropa de calle y de los efectos personales.

Cuando los vestuarios no sean necesarios, en el sentido del párrafo primero de este apartado, cada trabajador deberá poder disponer de un espacio para colocar su ropa y sus objetos personales bajo llave.

b) Cuando el tipo de actividad o la salubridad lo requieran, lo requieran, se deberán poner a disposición de los trabajadores duchas apropiadas y en numero suficientes.

Las duchas deberán tener dimensiones suficientes para permitir que cualquier trabajador se asee sin obstáculos y en adecuadas condiciones de higiene.

Las duchas deberán disponer de agua corriente, caliente y fría. Cuando, con arreglo al párrafo primero de este apartado, no sean necesarias duchas, deberán tener lavabos suficientes y apropiados con agua corriente, caliente si fuese necesario cerca de los puestos de trabajo y de los vestuarios.

Si las duchas o los lavabos y los vestuarios estuvieren separados, la comunicación entre uno y otros deberá ser fácil.

c) Los trabajadores deberán disponer en las proximidades de sus puestos de trabajo de los locales de descanso, de los vestuarios y de las duchas o lavabos, de locales especiales equipados con un núm. suficiente de retretes y de lavabos.

d) Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberán preverse una utilización por separado de los mismos.

1.4.2 Locales de descanso o de alojamiento:

a) Cuando lo exijan la seguridad o la salud de los trabajadores, en particular debido al tipo de actividad o el número de trabajadores, y por motivo de alejamiento de la obra, los trabajadores deberán poder disponer de locales de descanso y, en su

caso, de locales de alojamiento de fácil acceso.

b) Los locales de descanso o de alojamiento deberán tener unas dimensiones suficientes y estar amueblados con un número de mesas y de asientos con respaldo acorde con el número de trabajadores.

c) Cuando no existan estos tipos de locales se deberá poner a disposición del personal otro tipo de instalaciones para que puedan ser utilizadas durante la interrupción del trabajo.

d) Cuando existan locales de alojamiento dichos, deberán disponer de servicios higiénicos en número suficiente, así como de una sala para comer y otra de esparcimiento.

Dichos locales deberán estar equipados de camas, armarios, mesas y sillas con respaldo acordes al número de trabajadores, y se deberá tener en cuenta, en su caso, para su asignación, la presencia de trabajadores de ambos sexos.

e) En los locales de descanso o de alojamiento deberán tomarse medidas adecuadas de protección para los no fumadores contra las molestias debidas al humo del tabaco.

1.5 VIGILANCIA DE LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS EN LA OBRA VIGILANCIA DE LA SALUD

Indica la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (ley 31/95 de 8 de Noviembre), en su art. 22 que el Empresario deberá garantizar a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes a su trabajo.

Esta vigilancia solo podrá llevarse a efecto con el consentimiento del trabajador exceptuándose, previo informe de los representantes de los trabajadores, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores o para verificar si el estado de la salud de un trabajador puede constituir un peligro para si mismo, para los demás trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa o cuando esté establecido en una disposición legal en relación con la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.

En todo caso se optará por aquellas pruebas y reconocimientos que produzcan las mínimas molestias al trabajador y que sean proporcionadas al riesgo.

Las medidas de vigilancia de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo respetando siempre el derecho a la intimidad y a la dignidad de la persona del trabajador y la confidencialidad de toda la información relacionada con su estado de salud. Los resultados de tales reconocimientos serán puestos en conocimiento de los trabajadores afectados y nunca podrán ser utilizados con fines discriminatorios ni en perjuicio del trabajador.

El acceso a la información médica de carácter personal se limitará al personal médico y a las autoridades sanitarias que lleven a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores, sin que pueda facilitarse al empresario o a otras personas sin conocimiento expreso del trabajador.

No obstante lo anterior, el empresario y las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención serán informados de las conclusiones que se deriven de los reconocimientos efectuados en relación con la aptitud del trabajador para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de prevención y protección, a fin de que puedan desarrollar correctamente sus funciones en materias preventivas.

En los supuestos en que la naturaleza de los riesgos inherentes al trabajo lo haga necesario, el derecho de los trabajadores a la vigilancia periódica de su estado de salud deberá ser prolongado más allá de la finalización de la relación laboral, en los términos que legalmente se determinen.

Las medidas de vigilancia y control de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo por personal sanitario con competencia técnica, formación y capacidad acreditada.

El R.D. 39/97 de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, establece en su art. 37.3 que los servicios que desarrollen funciones de vigilancia y control de la salud de los trabajadores deberán contar con un médico especialista en Medicina del Trabajo o Medicina de Empresa y un ATS/DUE de empresa, sin perjuicio de la participación de otros profesionales sanitarios con competencia técnica, formación y capacidad acreditada.

La actividad a desarrollar deberá abarcar:

Evaluación inicial de la salud de los trabajadores después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud.

Evaluación de la salud de los trabajadores que reanuden el trabajo tras una ausencia prolongada por motivos de salud, con la finalidad de descubrir sus eventuales orígenes profesionales y recomendar una acción apropiada para proteger a los trabajadores. Y, finalmente, una vigilancia de la salud a intervalos periódicos.

La vigilancia de la salud estará sometida a protocolos específicos u otros medios existentes con respecto a los factores de riesgo a los que esté sometido el trabajador.

La periodicidad y contenido de los mismos se establecerá por la Administración oídas las sociedades científicas correspondientes. En cualquier caso incluirán historia clínico-laboral, descripción detallada del puesto de trabajo, tiempo de permanencia en el mismo y riesgos detectados y medidas preventivas adoptadas.

Deberá contener, igualmente, descripción de los anteriores puestos de trabajo, riesgos presentes en los mismos y tiempo de permanencia en cada uno de ellos.

El personal sanitario del servicio de prevención deberá conocer las enfermedades que se produzcan entre los trabajadores y las ausencias al trabajo por motivos de salud para poder identificar cualquier posible relación entre la causa y los riesgos para la salud que puedan presentarse en los lugares de trabajo.

Este personal prestará los primeros auxilios y la atención de urgencia a los trabajadores víctimas de accidentes o alteraciones en el lugar de trabajo.

El art. 14 del Anexo IV A del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre de 1.997 por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, indica las características que debe reunir el lugar adecuado para la práctica de los primeros auxilios que habrán de instalarse en aquellas obras en las que por su tamaño o tipo de actividad así lo requieran.

1.6 OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO EN MATERIA FORMATIVA ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS

Formación de los trabajadores:

El artículo 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/95 de 8 de Noviembre) exige que el empresario, en cumplimiento del deber de protección, deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, a la contratación, y cuando ocurran cambios en los equipos, tecnologías o funciones que desempeñe.

Tal formación estará centrada específicamente en su puesto o función y deberá adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos. Incluso deberá repetirse si se considera necesario.

La formación referenciada deberá impartirse, siempre que sea posible, dentro de la jornada de trabajo, o en su defecto, en otras horas pero con descuento en aquella del tiempo invertido en la misma. Puede impartirla la empresa con sus medios propios o con otros concertados, pero su coste nunca recaerá en los trabajadores.

Si se trata de personas que van a desarrollar en la Empresa funciones preventivas de los niveles básico, intermedio o superior, el R.D. 39/97 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención indica, en sus Anexos III al VI, los contenidos mínimos de los programas formativos a los que habrá de referirse la formación en materia preventiva.

1.7 LEGISLACION, NORMATIVAS Y CONVENIOS DE APLICACIÓN AL PRESENTE ESTUDIO.

- LEGISLACIÓN:

- LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (LEY 31/95 DE 8/11/95).
- REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN (R.D. 39/97 DE 7/1/97).
- ORDEN DE DESARROLLO DEL R.S.P. (27/6/97).
- DISPOSICIONES MÍNIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (R.D.485/97 DE 14/4/97).
- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO (R.D. 486/97 DE 14/4/97).
- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA MANIPULACIÓN DE CARGAS QUE ENTRAÑEN RIESGOS, EN PARTICULAR DORSOLUMBARES, PARA LOS TRABAJADORES (R.D. 487/97 DE 14/4/97).
- PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS DURANTE EL TRABAJO (R.D. 664/97 DE 12/5/97).
- EXPOSICIÓN A AGENTES CANCERÍGENOS DURANTE EL TRABAJO (R.D. 665/97 DE 12/5/97).

- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (R.D. 773/97 DE 30/5/97).
- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACIÓN POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO (R.D. 1215/97 DE 18/7/97).
- DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN (RD. 1627/97 de 24/10/97).
- ORDENANZA LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN VIDRIO Y CERÁMICA (O.M. de 28/8/70).
- ORDENANZA GENERAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO (O.M. DE 9/3/71) Exclusivamente su Capítulo VI, y art. 24 y 75 del Capítulo VII.
- REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (OM de 31/1/40) Exclusivamente su Capítulo VII.
- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN (R.D. 2413 de 20/9/71).
- 9/4/86 SOBRE RIESGOS DEL PLOMO.
- R. MINISTERIO DE TRABAJO 11/3/77 SOBRE EL BENCENO.
- 26/7/93 SOBRE EL AMIANTO.
- R.D. 1316/89 SOBRE EL RUIDO.
- R.D. 53/92 SOBRE RADIACIONES IONIZANTES.

- NORMATIVAS:

- NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN:
- Norma NTE ISA/1973 Alcantarillado
 - ISB/1973 Basuras
 - ISH/1974 Humos y gases
 - ISS/1974 Saneamiento
- Norma UNE 81 707 85 Escaleras portátiles de aluminio simples y de extensión.
- Norma UNE 81 002 85 Protectores auditivos. Tipos y definiciones.
- Norma UNE 81 101 85 Equipos de protección de la visión. Terminología. Clasificación y uso.
- Norma UNE 81 200 77 Equipos de protección personal de las vías respiratorias. Definición y clasificación.
- Norma UNE 81 208 77 Filtros mecánicos. Clasificación. Características y requisitos.
- Norma UNE 81 250 80 Guantes de protección. Definiciones y clasificación.
- Norma UNE 81 304 83 Calzado de seguridad. Ensayos de resistencia a la perforación de la suela.
- Norma UNE 81 353 80 Cinturones de seguridad. Clase A: Cinturón de sujeción. Características y ensayos.
- Norma UNE 81 650 80 Redes de seguridad. Características y ensayos.

- CONVENIOS:

CONVENIOS DE LA OIT RATIFICADOS POR ESPAÑA:

- Convenio nº 62 de la OIT de 23/6/37 relativo a prescripciones de seguridad en la industria de la edificación. Ratificado por Instrumento de 12/6/58. (BOE de 20/8/59).
- Convenio nº 167 de la OIT de 20/6/88 sobre seguridad y salud en la industria de la construcción.
- Convenio nº 119 de la OIT de 25/6/63 sobre protección de maquinaria. Ratificado por Instrucción de 26/11/71.(BOE de 30/11/72).
- Convenio nº 155 de la OIT de 22/6/81 sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo. Ratificado por Instrumento publicado en el BOE de 11/11/85.
- Convenio nº 127 de la OIT de 29/6/67 sobre peso máximo de carga transportada por un trabajador. (BOE de 15/10/70).

Parte V
ESTUDIO ECONÓMICO

<i>ESTUDIO ECONÓMICO</i>	410
<i>1. INTRODUCCIÓN</i>	413
<i>2. ESTADO DE MEDICIONES</i>	416
2.1 Equipos de proceso	416
2.2 Tanques de fermentacion y almacenamiento	417
2.3 Cerrajería	418
2.4 Cimentación y cubetos	419
2.5 Red de tuberías	420
2.6 Sistema de control	421
2.7 Protección contra incendios	422
2.8 Salud y seguridad	424
<i>3. LISTA DE PRECIOS UNITARIOS (Precio en euros)</i>	425
3.1 Equipos de proceso	425
3.2 Tanques de fermentacion y almacenamiento	426
3.3 Cerrajería	427
3.4 Cimentación y cubetos	427
3.5 Red de tuberías	428
3.6 Sistema de control	429
3.7 Protección contra incendios	430
3.8 Salud y seguridad	431
<i>4. Lista de precios descompuestos</i>	432
4.1 Equipos de proceso	432
4.2 Tanques de fermentación y almacenamiento	433
4.3 Cerrajería	434
4.4 Cimentación y cubetos	434
4.5 Red de tuberías	435
4.6 Sistema de control	436
4.7 Protección contra incendios	437
4.8 Salud y seguridad	438
4.9 Coste de la obra civil	439
4.10 Consumo energético	440
4.11 Consumo eléctrico	440

5.	<i>Balance económico</i>	443
5.1	Beneficios	443
5.2	Costes	444
5.3	Requerimiento y coste de la mano de obra	445
6.	<i>Análisis de rentabilidad</i>	447

1. INTRODUCCIÓN

Toda actividad privada con el objetivo de satisfacer una demanda, lleva asociada un incremento económico. En este caso se trata de transformar azúcares simples (bajo valor añadido) en bioetanol y xilitol (alto valor añadido).

Inicialmente se llevará a cabo una estimación de la inversión inicial a realizar para posteriormente analizar la rentabilidad del proyecto en cuestión. Se ha estimado que el tiempo de ejecución de las obras hasta su puesta en marcha será de un año y medio.

El objeto del presente documento es presentar de forma sencilla los resultados obtenidos del estudio económico de la planta y realizar el correspondiente balance entre los costes y los ingresos reportados por la actividad productiva.

Los factores más significativos que afectan a la viabilidad económica de fabricación, en general, son la capacidad de la planta y los precios tanto de la materia prima como de los azúcares. El estudio económico de la planta de bioetanol puede ser determinado una vez que ciertos factores sean identificados, como son:

- Capacidad de la planta
- Tecnología del proceso
- Coste de materia prima
- Costes de productos químicos
- Coste de los servicios auxiliares
- Precio de venta del producto obtenido

Los efectos de estos factores serán primordiales para conocer la viabilidad económica de la planta.

A continuación se enuncian algunas consideraciones realizadas previas al cálculo del estudio económico:

- **Obra Civil:** se realiza sobre el plano de implantación Plano 01, habiéndose obtenido los precios a partir de datos proporcionados por la empresa constructora.
- **Equipos, instrumentos y válvulas especiales, tuberías y accesorios:** los precios se han obtenido en base a los catálogos de los fabricantes.
- **Imprevistos:** se calculará como un 10% del presupuesto total.
- **Producción:** se considera de base, a efectos de coste, que la capacidad de la planta será de 10400 L de bioetanol, 150798,9 L de agua destilada diarias y 2637,89 kg de xilitol cristalizado y 7556,74 L de solución xilitol-agua 1M cada dos días, con 350 días productivos al año.
- **Materia prima:** Los precios de la materia prima no se han tenido en cuenta puesto que procederan de una planta anteriormente diseñada especialmente para el suministro de azúcares simples a nuestra planta.
- **El precio del microorganismo empleado,** es de 68 / líofilo, incluyendo los gastos de envío, así pues vamos a comprar 42 líofilos para asegurarnos que la fermentación podrá llevarse a cabo si surge alguna contaminación. Indicar que en el 10% de imprevistos, se incluye el coste de la patente, para la utilización de dicho microorganismo.

- La planta va a tener un periodo de amortización de 4 años, durante los cuales se va a destinar parte de las ganancias a recuperar la inversión anteriormente realizada.
- Todos los precios mostrados se presentan en euros.

A continuación se van a mostrar el estado de mediciones, de los equipos y accesorios que están presentes en nuestra planta de procesos.

2. ESTADO DE MEDICIONES

2.1 Equipos de proceso

Código	Descripción	Nº de unidades
74990	Ud. Intercambiador de calor de 5 m de longitud. Doble paso, y tubos interiores de 0,1 m de diámetro.	2
47790	Ud. Evaporador Buss-SMS, tipo B400. 4 m de largo. Construido en acero inoxidable 316 . Cuya envolvente soporta 45 psi (3 bar) y vacío.	1
80028	Ud. Secador- filtrador Rosenmund, modelo Descarga lateral. Acero inoxidable 316L Area de contacto de 4 m ² . Recipiente de 2 m de diámetro y 1,5 m de altura. Condiciones internas de 50 psi a 350 °C.	2
520656	Ud. Columna de destilación Kvaerner, aproximadamente 3,5 metros de diámetro x 17 m de altura. Con 34 platos de acero inoxidable 304, espaciado entre platos de 0,515 m.. Con 3 bocas de hombre y un peso aproximado de Weight approx 122472 kg.	3
522622	Ud. Alfa Laval centrífuga decantadora, tipo AVNX5050B-31G. Construida de acero inoxidable 316. Velocidad de giro 1800-2750 rpm con un motor de 55.5 CV. Pala simple pala la eliminación de sólidos. Soportado sobre 4 patas.	2
522595	Ud. Caldera de vapor fabricada por ABCO con una potencia de 150 CV. Generación de vapor a 150 psi, con diámetro de 2 m, horizontal. Capacidad de generación de hasta 5175 kg/hr de vapor, modelo 150 AMC. Adaptada para la utilización de gas natural y potencia calorífica de hasta 6300M btu/hr.	1
83136	Ud. Agitador modelo 6HTN15. Velocidad de giro de 30 rpm hasta 900. La unidad requiere un motor de 30 CV.	21

2.2 Tanques de fermentacion y almacenamiento

Código	Descripción	Nº de unidades
84024	Ud.Tanque de fermentacion , capacidad de 25 m ³ construido de acero inoxidable 316L. Diametro de 2,5 m y una altura de 6,5 m. Camisa refrigeradora, aislante , soportado sobre 4 patas de acero al carbono.	21
85067	Ud.Tanque de almacenamiento Delaval, aproximadamente de 70 m ³ ,construido en acero inoxidable, vertical. Con un diametro de 3,5 m y una altura de 10 m. Soportado sobre una zapata de hormigon.	2
79053	Ud.Tanque, 12 m ³ , acero inoxidable 304, vertical.2 m diametro x 4 m de altura, cubierto con una tapa plana y soportado sobre una cimentacion de hormigón.	1
85062	Ud.Tanque de almacenamiento Delaval, aproximadamente de 78 m ³ ,construido en acero inoxidable, vertical. Con un diametro de 4 m y una altura de 7 m. Soportado sobre una zapata de hormigon.	2
67312	Ud. Cristalizador de capacidad de 6 m ³ , construido de acero inoxidable 316.Con diametro de 1,5 m y altura de 3,5 m, con camisa de refrigeración, y sistema de agitacion.	2

2.3 Cerrajería

Código	Descripción	Nº de unidades
D23IA005	M1. Barandilla de escalera de 90 cm. de altura, con pasamanos de 50x40 mm., pilastras de 40x40 mm., cada 70 cm., barandal superior a 12 cm. del pasamanos e inferior a 3 cm., en perfil de 40x40 mm., y barrotes verticales de 30x15 mm. a 10cm.	270
D23KE00 1	M2. Cercado con enrejado metálico galvanizado en caliente de malla simple torsión, trama 40/14 y postes de tubo de acero galvanizado por inmersión, de 48 mm. De diámetro y tornapuntas de tubo de acero galvanizado de 32 mm. de diámetro, totalmente montada, i/recibido con mortero de cemento y arena de río 1/4, tensores, grupillas y accesorios.	11280

2.4 Cimentación y cubetos

Código	Descripción	Nº de unidades
D02AA501	M2. Desbroce y limpieza de terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte y con p.p. de costes indirectos.	1600
D04IC557	M3. Hormigón armado HA-30/B/40/ IIa N/mm ² , con tamaño máximo del árido de 40mm., consistencia blanda, elaborado en central en relleno de zapatas de cimentación, i/armadura B-500 S (40 kgs/m ³), encofrado y desencofrado, vertido por medio de camión-bomba, vibrado y colocación. Según EHE.	30

2.5 Red de tuberías

Código	Descripción	Nº de unidades
D34AF01 1	Ml. Tubería de acero DIN 2440 en clase negra de 6" i/p.p. de accesorios, curvas, tes, elementos de sujeción, imprimación antioxidante y totalmente instalada.	1000
D34AF02 5	Ud. válvula de globo de 6", husillo ascendente, con bridas, juntas y tornillos i/p.p. de accesorios, totalmente instalada.	90
D34AF09 4	Ud. Grupo de presión para 108 m ³ /h. a 65 m.c.a. compuesto por, electrobomba principal de 15c.v., colectores de aspiración e impulsión válvulas de seccionamiento, corte y retención, circuito de pruebas, manómetro y válvulas de seguridad, completamente instalado.	25
D34AF02 8	Ud. Codo de 90° de 6" de diametro, elementos de sujecion, imprimacion antioxidante y totalmente instalado.	80
D34AF03 5	Ud. valvula con controlador, accionador, con señal eléctrica, con brida, juntas y tornillos i/p.p. de accesorios, totalmente instalada.	5
D34AF04 0	Ud. válvula de seguridad, tipo "safety", tarada para una presión de 15 bar, con juntas y tornillos i/p.p. de accesorios, totalmente instalada.	5

2.6 Sistema de control

Código	Descripción	Nº de unidades
LM35CZ	Ud. El sensor de temperatura modelo TDA de KOBOLD se utiliza para medir y supervisar de temperatura de manera económica. Puede ser utilizado para cualquier aplicación en la cual la temperatura a ser supervisada requiera gran exactitud. Rango de medición: - 50 ... +125 °C	28
LM39K3	Ud. Los sensores resistentes industriales de presión, compactos son líderes entre transductores de presión. Compactos , robustos con estabilidad de largo plazo, son convenientes particularmente para aplicaciones en las cuales los requisitos principales son tamaño pequeño, peso ligero y la capacidad de soportar altas cargas mecánicas. Como elemento de medición se usa un sensor piezo-resistivo. El material utilizado los hace insensibles a los medios químicamente agresivos. Rango de medición: -1 a 16 bar	24
LM37FN	Ud. El medidor de nivel NMT de Kobold es un sensor contador controlado por flotador muy exacto para niveles de sensado continuo. Longitud de medición: 300 to 4000 mm	59
LM23PS	Ud. El electrodo estándar para el valor de pH se adecúa para casi todas las aplicaciones en el área de análisis. Rango de medida 0-14, electrodo Ag-AgCl, recubierto con una membrana resistente.	21
	Ud. Instrumento de medición KOBOLD tipo DWD, transmisor de caudal con indicación digital de la tasa de caudal real, salida analógica de 4-20 mA y 0-5 o 5-20 Hz de frecuencia de salida y dos relés ajustables todo o nada Indicando el punto de conmutación para monitorear valores límite. Rangos de medida: 1-10 l/min...360-3600 m ³ /h agua.	15
3126AS	Ud. Panel de control, software diseñado para el control en planta de procesos, con modificación de distintas variables.	1

2.7 Protección contra incendios

Código	Descripción	Nº de unidades
D34AA010	Ud. Extintor de polvo ABC con eficacia 34A-144B para extinción de fuego de materias sólidas, líquidas, productos gaseosos e incendios de equipos eléctricos, de 9 kg. de agente extintor con soporte, manómetro y boquilla con difusor según norma UNE-23110, totalmente instalado. Certicado por AENOR.	14
D34AA510	Ud. Armario extintor 6/9 kg, en chapa galvanizada pintado en rojo, con puerta con cristal, instalado.	14
D34AF009	Ml. Tubería de acero DIN 2440 en clase negra de 4" i/p.p. de accesorios, curvas, tes, elementos de sujeción, imprimación antioxidante y esmalte en rojo, totalmente instalada.	90
D34AF025	Ud. válvula de compuerta de 4", husillo ascendente, con bridas, juntas y tornillos i/p.p. de accesorios, totalmente instalada.	5
D34AF090	Ud. Grupo de presión contra incendios para 24 m ³ /h. a 65 m.c.a. según norma UNE 23-500 compuesto por, electrobomba principal de 15c.v., bomba Jockey de 3.c.v., acumulador de 50l., colectores de aspiración e impulsión válvulas de seccionamiento, corte y retención, circuito de pruebas, manómetro y válvulas de seguridad, bancada monobloc, completamente instalado.	2

D34AI015	Ud. Boca de incendios equipada BIE formada por cabina de chapa de acero de 650x500x160mm., pintada en rojo, marco en acero inoxidable con cerradura y cristal, rótulo romper en caso de incendio, devanadera circular cromada, lanza de tres efectos con racor, válvula de 1 1/2" de latón con racor, 20m de manguera sintética de 45mm. y manómetro de 0 a 16 kg/cm ² , según norma UNE 23402, certificado de AENOR, totalmente instalada. de 20 m., lanza Variocal de 45 mm. con racord de aluminio, manómetro O-16 y válvula TB 45 de aluminio, i/armario con cerco cromado de 750x550x170 mm., adhesivo indicativo y manguera de 45 mm., según norma UNE 23091-2A, totalmente instalada según NTE/IPF-43.	3
D34FG005	Ud. Pulsador de alarma tipo rearmable, con tapa de plástico basculante totalmente instalado, i/p.p. de tubos y cableado, conexionado y probado.	1
D34FG405	Ud. Cuadro de alarma exterior óptico/acústico con sirena y piloto a 24v, autoprotegible, autoalimentada y juego de baterías (2x12v), i/p.p. tubos y cableado, conexionada y probada.	1

2.8 Salud y seguridad

Código	Descripción	Nº de unidades
D41CA252	Ud. Cartel indicativo de uso obligatorio de casco de 0,40x0,30 m. sin soporte metálico, incluso colocación y desmontado.	5
D41CA254	Ud. Cartel indicativo de prohibido el paso a la obra de 0,40x0,30 m. sin soporte metálico, incluso colocación y desmontado.	5
D41CA258	Ud. Cartel indicativo de peligro por zona de obras de 0,40x0,30 m. sin soporte metálico, incluso colocación y desmontado.	5
D41CC230	ML. Cinta corrida de balizamiento plástica pintada a dos colores roja y blanca, incluso colocación y desmontado.	200
D41EA001	Ud. Casco de seguridad con desudador, homologado CE	20
D41EA220	Ud. Gafas contra impactos antirayadura, homologadas CE.	5
D41EC001	Ud. Mono de trabajo, homologado CE.	20
D41ED115	Ud. Protectores auditivos tipo orejera para, entornos exigentes, homologado CE.	20
D41EE020	Ud. Par de guantes para soldador serraje forrado ignífugo, largo 34 cm., homologado CE.	20
D41EG015	Ud. Par de botas de seguridad S3 piel negra con puntera y plantilla metálica, homologadas CE.	20

3. LISTA DE PRECIOS UNITARIOS

3.1 Equipos de proceso

Código	Unidad	Concepto	Precio €
74990	Ud	Ud. Intercambiador de calor de 5 m de longitud. Doble paso,y tubos interiores de 0,1 m de diámetro.	5500
47790	Ud	Ud. Evaporador Buss-SMS, tipo B400. 4 m de largo.Construido en acero inoxidable 316 . Cuya envolvente soporta 45 psi (3 bar) y vacío.	25000
80028	Ud	Ud.Secador- filtrador Rosenmund, modelo Descarga lateral. Acero inoxidable 316L Area de contacto de 4 m2. Recipiente de 2 m de diametro y 1,5 m de altura.Condiciones internas de 50 psi a 350 °C.	225000
520656	Ud	Ud.Columna de destilacion Kvaerner, aproximadamente 3,5 metros de diametro x 17 m de altura. Con 34 platos de acero inoxidable 304, espaciado entre platos de 0,515 m.. Con 3 bocas de hombre y un peso aproximado de Weight approx 122472 kg.	350000
522622	Ud	Ud.Alfa Laval centrifuga decantadora, tipo AVNX5050B-31G. Construida de acero inoxidable 316. Velocidad de giro 1800-2750 rpm con un motor de 55.5 CV. Pala simple pala la eliminacion de solidos.Soportado sobre 4 patas.	32500
522595	Ud	Ud. Caldera de vapor fabricada por ABCO con una potencia de 150 CV. Generacion de vapor a 150 psi, con diámetro de 2 m, horizontal. Capacidad de generacion de hasta 5175 kg/hr de vapor, modelo 150 AMC. Adaptada para la utilizacion de gas natural y potencia calorifica de hasta 6300M btu/hr.	10600
83136	Ud	Ud.Agitador modelo 6HTN15. Velocidad de giro de 30 rpm hasta 900. La unidad requiere un motor de 30 CV. Incluido eje de agitación con tres impulsores de 4 palas cada uno.	4725

3.2 Tanques de fermentacion y almacenamiento

Código	Unidad	Concepto	Precio €
84024	Ud	Ud.Tanque de fermentacion , capacidad de 25 m ³ construido de acero inoxidable 316L. Diametro de 2,5 m y una altura de 6,5 m. Camisa refrigeradora, aislante , soportado sobre 4 patas de acero al carbono.	33500
85067	Ud	Ud.Tanque de almacenamiento Delaval, aproximadamente de 70 m ³ ,construido en acero inoxidable, vertical. Con un diametro de 3,5 m y una altura de 10 m. Soportado sobre una zapata de hormigon.	45200
79053	Ud	Ud.Tanque, 12 m ³ , acero inoxidable 304, vertical.2 m diametro x 4 m de altura, cubierto con una tapa plana y soportado sobre una cimentacion de hormigón.	6000
85062	Ud	Ud.Tanque de almacenamiento Delaval, aproximadamente de 78 m ³ ,construido en acero inoxidable, vertical. Con un diametro de 4 m y una altura de 7 m. Soportado sobre una zapata de hormigon.	47600
67312	Ud	Ud. Cristalizador de capacidad de 6 m ³ , construido de acero inoxidable 316.Con diametro de 1,5 m y altura de 3,5 m, con camisa de refrigeración, y sistema de agitacion.	69400

3.3 Cerrajería

Codigo	Unidad	Concepto	Precio €
U22A101	M1	Baranda escalera hierro tubo	58,07
U2KA005	UD	Postes 200cm tubo acero galvanizado diam.48	6,24
U2KE001	M2	Malla galva.s/torsión ST50/14-50	2,08

3.4 Cimentación y cubetos

Codigo	Unidad	Concepto	Precio €
D04GC507	M3	HOR.HA-30/B/40/ IIa ZAP.V.B.CEN	121,29
D04CA101	M2	ENCOFRADO MADERA ZAPATAS	34,39

3.5 Red de tuberías

Código	Unidad	Concepto	Precio €
D34AF011	Ml	Tubería de acero DIN 2440 en clase negra de 6" i/p.p. de accesorios, curvas, tes, elementos de sujeción, imprimación antioxidante y totalmente instalada.	31,87
D34AF025	Ud	Válvula de globo de 6", husillo ascendente, con bridas, juntas y tornillos i/p.p. de accesorios, totalmente instalada.	115
D34AF094	Ud	Grupo de presión desde 0 a 150 m ³ /h. a 65 m.c.a. compuesto por, electrobomba principal de 15c.v., colectores de aspiración e impulsión válvulas de seccionamiento, corte y retención, circuito de pruebas, manómetro y válvulas de seguridad, completamente instalado.	375
D34AF028	Ud	Codo de 90° de 6" de diametro, elementos de sujecion, imprimacion antioxidante y totalmente instalado.	31,27
D34AF035	Ud	Válvula con controlador, accionador, con señal eléctrica, con brida, juntas y tornillos i/p.p. de accesorios, totalmente instalada.	250
D34AF040	Ud	Válvula de seguridad, tipo "safety", tarada para una presión de 15 bar, con juntas y tornillos i/p.p. de accesorios, totalmente instalada.	200
D34AF023	Ud	Te acero, de 6" de diametro, elementos de sujeción, imprimación antioxidante y totalmente instalado.	53,16

3.6 Sistema de control

Código	Unidad	Concepto	Precio €
LM35CZ	Ud	El sensor de temperatura modelo TDA de KOBOLD. Rango de medición: - 50 ... +125 °C	113,68
LM39K3	Ud	Los sensores resistentes industriales de presión, compactos son líderes entre transductores de presión. Como elemento de medición se usa un sensor piezo-resistivo. El material utilizado los hace insensibles a los medios químicamente agresivos. Rango de medición: -1 a 16 bar	240
LM37FN	Ud	El medidor de nivel NMT de Kobold es un sensor contador controlado por flotador muy exacto para niveles de sensado continuo. Longitud de medición: 300 to 4000 mm	134
LM23PS	Ud	El electrodo estándar para el valor de pH se adecúa para casi todas las aplicaciones en el área de análisis. Rango de medida 0-14, electrodo Ag-AgCl, recubierto con una membrana resistente.	160
456FTD	Ud	Instrumento de medición KOBOLD tipo DWD, transmisor de caudal con indicación digital de la tasa de caudal real, salida analógica de 4-20 mA y 0-5 o 5-20 Hz de frecuencia de salida y dos relés ajustables todo o nada. Indicando el punto de conmutación para monitorear valores límite. Rangos de medida: 1-10 l/min...360-3600 m ³ /h agua.	146
3126AS	Ud	Panel de control, software diseñado para el control en planta de procesos, con modificación de distintas variables.	10690

3.7 Protección contra incendios

Codigo	Unidad	Concepto	Precio €
U35AA010	UD	Extintor polvo ABC 9 kg	55,71
U35AB110	UD	Armario ext. 6/9 chapa puerta	47,99
U35AB115	UD	Cristal de 3mm para armario	6,82
U35AF025	UD	Válvula compuerta 4"	429,78
U35AF085	UD	Grupo de presión 24m ³ /h	5402,56
U35AI015	UD	Armario completo –manguera 20 m.	230,50
U35AW012	MI	Tubería de acero DIN 2440 4"	22,44
U35AW035	UD	Codo acero 4"	22,22
U35AW075	UD	Te acero	37,76
U35FG025	UD	Piloto indicador acción	9,47
U35FG405	UD	Sirena alarma exterior	86,41
U35MC005	UD	Placa señalización plástico 297x210	10,04

3.8 Salud y seguridad

Codigo	Unidad	Concepto	Precio €
U42CA252	Ud	Cartel de uso obligatorio casco	4,75
U42CA254	Ud	Cartel de prohibido el paso a obra	4,75
U42CA258	Ud	Cartel de peligro zona de obras	4,75
U42CC230	MI	Cinta de balizamiento reflej	0,06
U42EA001	Ud	Casco de seguridad homologado	3,05
U42EA220	Ud	Gafas contra impactos	11,36
U42EA601	Ud	Protectores auditivos.	7,89
U42EC001	Ud	Mono de trabajo	14,20
U42EE020	Ud	Par de guantes para soldador.	7,89
U42EG015	Ud	Par de botas seguri.con punt/plan	46,07

4. Lista de precios descompuestos

4.1 Equipos de proceso

Código	Unidad	Descripción	Nº de unidades	Precio €	Total €
74990	Ud	Ud. Intercambiador de calor de 5 m de longitud. Doble paso, y tubos interiores de 0,1 m de diámetro.	2	5500	11000
47790	Ud	Ud. Evaporador Buss-SMS, tipo B400. 4 m de largo. Construido en acero inoxidable 316 . Cuya envolvente soporta 45 psi (3 bar) y vacío.	1	25000	25000
80028	Ud	Ud. Secador- filtrador Rosenmund, modelo Descarga lateral. Acero inoxidable 316L Area de contacto de 4 m2. Recipiente de 2 m de diametro y 1,5 m de altura. Condiciones internas de 50 psi a 350 °C.	2	225000	450000
520656	Ud	Ud. Columna de destilacion Kvaerner, aproximadamente 3,5 metros de diametro x 17 m de altura. Con 34 platos de acero inoxidable 304, espaciado entre platos de 0,515 m.. Con 3 bocas de hombre y un peso aproximado de Weight approx 122472 kg.	3	350000	1050000
522622	Ud	Ud. Alfa Laval centrifuga decantadora, tipo AVNX5050B-31G. Construida de acero inoxidable 316. Velocidad de giro 1800-2750 rpm con un motor de 55.5 CV. Pala simple pala la eliminacion de solidos. Soportado sobre 4 patas.	1	32500	32500
522595	Ud	Ud. Caldera de vapor fabricada por ABCO con una potencia de 150 CV. Generacion de vapor a 150 psi, con diámetro de 2 m, horizontal. Capacidad de generacion de hasta 5175 kg/hr de vapor, modelo 150 AMC. Adaptada para la utilizacion de gas natural y potencia calorifica de hasta 6300M btu/hr.	1	10600	10600
83136	Ud	Ud. Agitador modelo 6HTN15. Velocidad de giro de 30 rpm hasta 900. La unidad requiere un motor de 30 CV.	21	4725	99225

4.2 Tanques de fermentación y almacenamiento

Código	Unidad	Descripción	Nº de unidades	Precio €	Total €
84024	Ud	Ud.Tanque de fermentacion , capacidad de 25 m3 construido de acero inoxidable 316L. Diametro de 2,5 m y una altura de 6,5 m. Camisa refrigeradora, aislante , soportado sobre 4 patas de acero al carbono.	21	33500	703500
85067	Ud	Ud.Tanque de almacenamiento Delaval, aproximadamente de 70 m3,construido en acero inoxidable, vertical. Con un diametro de 3,5 m y una altura de 10 m. Soportado sobre una zapata de hormigon.	2	45200	90400
79053	Ud	Ud.Tanque, 12 m3, acero inoxidable 304, vertical.2 m diametro x 4 m de altura, cubierto con una tapa plana y soportado sobre una cimentacion de hormigón.	2	6000	12000
85062	Ud	Ud.Tanque de almacenamiento Delaval, aproximadamente de 78 m3,construido en acero inoxidable, vertical. Con un diametro de 4 m y una altura de 7 m. Soportado sobre una zapata de hormigon.	2	47600	95200
67312	Ud	Ud. Cristalizador de capacidad de 6 m3, construido de acero inoxidable 316.Con diametro de 1,5 m y altura de 3,5 m, con camisa de refrigeración, y sistema de agitacion.	2	69400	138800

4.3 Cerrajería

Codigo	Unidad	Concepto	Nº de unidades	Precio €	Total €
U22A101	M1	Baranda escalera hierro tubo	270	58,07	15678,9
U2KA005	UD	Postes 200cm tubo acero galvanizado diam.48	5640	6,24	35193,6
U2KE001	M2	Malla galva.s/torsión ST50/14-50	11280	2,08	23462,4

4.4 Cimentación y cubetos

Codigo	Unidad	Concepto	Nº de unidades	Precio €	Total €
D04GC507	M3	HOR.HA-30/B/40/ IIa ZAP.V.B.CEN	6975	121,29	845997,7
D04CA101	M2	ENCOFRADO MADERA ZAPATAS	6975	34,39	239870,25

4.5 Red de tuberías

Código	Unidad	Concepto	Nº de unidades	Precio €	Total €
D34AF011	Ml	Tubería de acero DIN 2440 en clase negra de 6" i/p.p. de accesorios, curvas, tes, elementos de sujeción, imprimación antioxidante y totalmente instalada.	1000	31,87	31870
D34AF025	Ud	Válvula de globo de 6", husillo ascendente, con bridas, juntas y tornillos i/p.p. de accesorios, totalmente instalada.	90	115	10350
D34AF094	Ud	Grupo de presión desde 0 a 150 m ³ /h. a 65 m.c.a. compuesto por, electrobomba principal de 15c.v., colectores de aspiración e impulsión válvulas de seccionamiento, corte y retención, circuito de pruebas, manómetro y válvulas de seguridad, completamente instalado.	25	375	9375
D34AF028	Ud	Codo de 90° de 6" de diametro, elementos de sujecion, imprimacion antioxidante y totalmente instalado.	80	31,27	2501,6
D34AF035	Ud	Válvula con controlador, accionador, con señal eléctrica, con brida, juntas y tornillos i/p.p. de accesorios, totalmente instalada.	5	250	1250
D34AF040	Ud	Válvula de seguridad, tipo "safety", tarada para una presión de 15 bar, con juntas y tornillos i/p.p. de accesorios, totalmente instalada.	5	200	1000
D34AF023	Ud	Te acero, de 6" de diametro, elementos de sujeción, imprimación antioxidante y totalmente instalado.	14	53,16	744,24

4.6 Sistema de control

Código	Unidad	Concepto	Nº de unidades	Precio €	Total €
LM35C Z	Ud	El sensor de temperatura modelo TDA de KOBOLD se utiliza para medir y supervisar de temperatura. Puede ser utilizado para cualquier aplicación en la cual la temperatura a ser supervisada requiera gran exactitud. Rango de medición: - 50 ... +125 °C	28	113,68	3183
LM39K 3	Ud	Los sensores resistentes industriales de presión, compactos son líderes entre transductores de presión. Rango de medición: -1 a 16 bar	24	240	5760
LM37F N	Ud	El medidor de nivel NMT de Kobold es un sensor contador controlado por flotador muy exacto para niveles de sensado continuo. Longitud de medicición: 300 to 4000 mm	59	134	7906
LM23PS	Ud	El electrodo estándar para el valor de pH se adecúa para casi todas las aplicaciones en el área de análisis. Rango de medida 0-14, electrodo Ag-AgCl, recubierto con una membrana resistente.	21	160	3360
456FTD	Ud	Instrumento de medición KOBOLD tipo DWD transmisor de caudal con indicación digital de la tasa de caudal real, salida analógica de 4-20 mA y 0-5 o 5-20 Hz de frecuencia de salida y dos relés ajustables todo o nada. Rangos de medida: 1-10 l/min...360-3600 m ³ /h agua.	15	146	2190
3126AS	Ud	Panel de control, software diseñado para el control en planta de procesos, con modificación de distintas variables.	1	10690	10690

4.7 Protección contra incendios

Código	Unidad	Concepto	Nº de unidades	Precio €	Total €
U35AA010	UD	Extintor polvo ABC 9 kg	14	55,71	780
U35AB110	UD	Armario ext. 6/9 chapa puerta	14	47,99	671,86
U35AB115	UD	Cristal de 3mm para armario	14	6,82	95,48
U35AF025	UD	Válvula compuerta 4"	5	429,78	653,9
U35AF085	UD	Grupo de presión 24m ³ /h	2	5402,56	805,12
U35AI015	UD	Armario completo –manguera 45 m.	3	230,50	691,5
U35AW012	MI	Tubería de acero DIN 2440 4"	90	22,44	2019,6
U35AW035	UD	Codo acero 4"	10	22,22	222,2
U35AW075	UD	Te acero	5	37,76	188,8
U35FG025	UD	Piloto indicador acción	2	9,47	18,94
U35FG405	UD	Sirena alarma exterior	3	86,41	259,23
U35MC005	UD	Placa señalización plástico 297x210	5	10,04	50,2

4.8 Salud y seguridad

Codigo	Unidad	Concepto	Nº de unidades	Precio €	Total €
U42CA252	Ud	Cartel de uso obligatorio casco	5	4,75	23,75
U42CA254	Ud	Cartel de prohibido el paso a obra	5	4,75	23,75
U42CA258	Ud	Cartel de peligro zona de obras	5	4,75	23,75
U42CC230	MI	Cinta de balizamiento reflej	200	0,06	12
U42EA001	Ud	Casco de seguridad homologado	20	3,05	61
U42EA220	Ud	Gafas contra impactos	20	11,36	227,2
U42EA601	Ud	Protectores auditivos.	20	7,89	157,8
U42EC001	Ud	Mono de trabajo	20	14,20	284
U42EE020	Ud	Par de guantes para soldador.	20	7,89	157,8
U42EG015	Ud	Par de botas seguri.con punt/plan	20	46,07	921,4

4.9 Coste de la obra civil

A continuación, se muestran los costes debido a la obra civil para la construcción de la planta de procesos.

Descripcion	Unidad	Medicion	Precio €	Total €
Parcela	m ²	12000	48,32	579840
Oficinas	m ²	50	505,2	25260
Vestuario	m ²	50	425,3	21265
Laboratorios	m ²	50	505,2	25260
Almacen	m ²	225	505,2	13670
Cerramiento	m ²	375	43	16125
Pavimentado	m ²	8400	13,15	110460

4.10 Consumo energético

Los equipos que principalmente van a consumir energía calorífica son, las columnas de destilación, a las cuales se le deben proporcionar vapor, mediante un generador de vapor y la caldera, la cual va a utilizar directamente el gas natural por medio de los quemadores instalados.

Así podemos ver la cantidad de energía que consumen y por tanto el coste económico que conlleva su utilización:

El precio del gas natural según (BOE nº 103 30/4/2007) el precio de venta es de 1,5873 céntos/kwh. Conociendo los kw que se necesitan para la caldera y el tiempo a la cual está trabajando, podemos calcular el coste anual de estos equipos, conociendo que la planta trabajará 350 días al año.

Equipo	Potencia (Kw)	Tiempo (h)	Precio anual (€/año)
Caldera	43866,36	0,52	7973442,5
Destilación simple	7234,04	4	160756,33
Destilación extractiva	3,27	2	2292,27
Columna recuperadora	0,49	2	346,7

4.11 Consumo eléctrico

También podemos calcular el consumo eléctrico que vamos a tener en nuestra planta de procesos, los principales equipos de consumo eléctrico son, bombas, agitadores y centrifugadoras. El precio de la electricidad se compone de dos tarifas, una fija que depende de la energía que se contrate, es decir, el término de potencia, y el término de energía, que depende de la cantidad de electricidad que consuma nuestros equipos.

La siguiente tabla muestra el consumo eléctrico anual de los citados equipos:

Equipo	Potencia	Tiempo	Consumo anual
cald-ferm-1	1,29	0,67	15,73
cald-ferm-2	1,478	0,67	18,02
cald-ferm-3	1,66	0,67	20,24
cald-ferm-4	1,85	0,67	22,56
cald-ferm-5	2,03	0,67	24,75
cald-ferm-6	2,23	0,67	27,19
cald-ferm-7	2,41	0,67	29,38
Ferm-1 -centr.	1,216	0,67	14,83
Ferm-2 -centr.	1,511	0,67	18,43
Ferm-3 -centr.	1,86	0,67	22,68
Ferm-4 -centr.	1,74	0,67	21,21
Ferm-5 -centr.	1,85	0,67	22,55
Ferm-6 -centr.	1,96	0,67	23,9
Ferm-7 -centr.	2,07	0,67	25,24
centr.-evap	1,48	1	26,94
evap-dest-1	0,76	0,67	9,26
dest-1 -dest-2	0,079	4	5,75
dest-2 -etanol	0,72	2	26,21
dest-2 -dest-3	0,12	2	4,368
dest-3 -agua	0,037	2	1,35
dest-3 -etileng	0,034	2	1,23
evap-crist	0,91	0,67	11,09
etileng-dest-2	0,073	2	2,65
cald-agua	5,19	0,67	63,28
Sistema agitación	567	24	247665,6
Centrifuga	41,38	1	753,12

Resumiendo el consumo de bombas, en general, sistema de agitación y centrífuga, obtenemos:

Equipo	Consumo diario (kw)	Término de potencia (€ / mes)	Termino de energia (€ /kwh)	Consumo anual total (€ /año)
Bombas	11,363	11,015	0,052	206,8
Sistema de agitación	13608		0,052	247665,6
Centrífuga	41,38		0,052	753,12
Cristalizadores	19051,2		0,052	346731,2

El consumo eléctrico de la planta es por lo tanto la suma del termino de potencia anual y el termino de energía anual, cuyo valor es:

Consumo eléctrico anual:

$$132,2 + 595357,36 = 595489,56 \text{ €/año}$$

5. Balance económico

La planta de proceso constara de una serie de beneficios que se obtendran de la venta del bioetanol, producto principal, y de una serie de co-productos que se han generado a lo largo de la produccion del bioetanol y que podemos obtener algun beneficio economico por la venta de los mismos, asi pues, un resumen de los beneficios obtenidos en la planta de proceso se muestra a continuacion:

5.1 Beneficios

Producto	Cantidad producida	Precio	Beneficio anual (€ / año)
Bioetanol	10400 L/d	0,71 (€/L)	2584400
Cristales xilitol	2637,89 kg/2d	85 (€/kg)	39238613,75
Solucion xilitol-agua 1M	7556,74 L/2d	5,32 (€/L)	7035324,95
Agua destilada	150798,9 L/d	0,2 (€/L)	10555923

5.2 Costes

Los costes que se plantean en la planta, se pueden resumir en la siguiente tabla:

Partida	Coste (€)
Equipos	1678325
Tanques de reaccion y almacenamiento	1039900
Cerrajería	74334,9
Cimentación y cubetos	1085868
Red de tuberías	57090,84
Sistema de control	33089
Instalacion contraincendio	6456,83
Seguridad e higiene	1892,45
Obra civil	62764523,26
Microorganismos	2900
Etlienglicol	9215,64 (€/año)
Sistema electrico	407733,75
Instalación	815467,5
Costes directos	14487856,53
Proyecto básico	1303907,1
Ingeniería de detalle	1448785,6
Imprevistos	1448785,6
Retribuciones contractuales	7243,93
Costes indirectos	4208722,3
Capital a invertir: CD + CI	18696578,76

El coste del consumo energético y eléctrico será:

Consumo (KW)	Coste anual (€/año)
Energético	8136837,37
Electrico	595489,56

5.3 Requerimiento y coste de la mano de obra

En este capítulo se estima el coste anual que constituye la mano de obra necesaria para la correcta marcha de las instalaciones.

El número de operarios por turno es de 5, por lo que, teniendo en cuenta que la jornada se divide en 3 turnos consecutivos, son necesarias 120 horas diarias trabajadas por mano de obra, lo que suponen un total de 42000 horas de trabajo al año.

Además se será necesaria la figura del gerente o director que también se encargará de la función comercial y ventas, el cual solo estará en la planta durante un turno de 8 horas.

Por último, se contarán con los servicios de dos técnico-mecánico para las labores de mantenimiento diarias en la planta, y un ingeniero de procesos, para los cuales también se dividirán en tres turnos diarios consecutivos.

	Mediciones	Turnos	Total (€ / anual)
Salario operario	9,97 (€ / h)	3 (8h/ turno)	418740
Salario tecnico	10,35 (€ / h)	3 (8h/ turno)	86940
Salario ingeniero	14 (€ / h)	3 (8h/ turno)	117600
Salario gerente	18 (€ / h)	1 (8h/ turno)	50400

6. Analisis de rentabilidad

Capital a invertir	18696578,76 €
Coste operación anual	9415222,57 (€/año)
Productos	Bioetanol: 3640000 L/año
	Cristales xilitol: 461630,75 kg/año
	Solucion xilitol 1M: 1322429,5 L/año
	Agua destilada: 52779615 L/año
Precios	Bioetanol: 0,71 (€/L)
	Cristales xilitol: 85 (€/kg)
	Solución xilitol 1M: 5,32 (€/L)
	Agua destilada: 0,2 (€/L)
Ingresos por ventas	59414261,7 (€/año)
Coste de producción	Bioetanol: 2,58 (€/L)
	Cristales xilitol: 20,39 (€/kg)
	Solución xilitol 1M: 7,12 (€/L)

	Agua destilada: 0,178 (e/L)	
Ganancia bruta	Bioetanol: - 6806800 (e/año)	21799941,2 (€/año)
	Cristales xilitol: 29825962,76 (e/año)	
	Solución xilitol 1M:-2380373,1 (e/año)	
	Agua destilada:1161151,53 (e/año)	
Impuestos aplicables	* (IVA 16%)	
Ganancia neta	5 primeros años: 21799941,2 (e / año)	
	Posterior a 5 años: 18311950,6 (e / año)	
Ganancia bruta marginal	55,5 %	
Retorno de la inversión	90 %	

* según las ayudas ofrecidas por el ministerio, las plantas de recursos renovables quedarán exentas de impuestos durante un periodo de 5 años tras su puesta en marcha.

Parte VI
ANEXOS

ÍNDICE	
<i>ANEXOS</i>	449
<i>ANEXO 1</i>	452
<i>SISTEMA CONTRAINCENDIOS</i>	452
<i>1. INTRODUCCIÓN</i>	452
1.1 CUBETOS DE RETENCIÓN	452
1.2 REDES DE DRENAJE	452
1.3 ZONAS DE CARGA:	453
1.4 LIMITES EXTERIORES DE LAS INSTALACIONES:	453
1.5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO:	453
1.5.1 PROTECCION CON AGUA:	453
1.5.2 PROTECCION CON ESPUMA:	455
1.6 PROTECCIONES ESPECIALES	456
1.6.1 EXTINTORES	456
1.6.2 ALARMAS	456
1.6.3 EQUIPOS AUXILIARES	457
<i>2 REQUISITOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL CONFORME AL TIPO DE SUSTANCIA QUÍMICA UTILIZADA EN LA INSTALACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS POR RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN.</i>	458
2.1 ZONIFICACIÓN DE ÁREAS POR RIESGOS DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN:	458
<i>ANEXO 2</i>	470
<i>SEGURIDAD EN PLANTA: DETECCIÓN DE FUGAS DE VAPOR EN CALDERAS</i>	470
<i>POR MÉTODOS ACÚSTICOS</i>	470
<i>1. INTRODUCCIÓN</i>	471
<i>2. UBICACIÓN Y MONTAJE DE MICRÓFONOS</i>	477
<i>3. CONCLUSIÓN</i>	481

<i>ANEXO 3</i> _____	482
<i>ANEXO GRÁFICO</i> _____	482
1. <i>CALDERA</i> _____	483
2. <i>RED DE TUBERIAS</i> _____	489
3. DISEÑO DE TANQUES _____	499
4. TRANSMISIÓN DE CALOR _____	507
5. SISTEMA DE CONTROL _____	508
6. FICHAS DE SEGURIDAD _____	519

ANEXO 1

SISTEMA CONTRAINCENDIOS

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la peligrosidad que conlleva la utilización del etanol anhidro, por su alta inflamabilidad, se introduce en este anexo la seguridad que se debe implantar en una instalación de este tipo:

1.1 CUBETOS DE RETENCIÓN

Los recipientes de superficie para almacenamiento de líquido deberán alojarse en el interior de un cubeto de retención. Un grupo de recipientes dentro de un mismo cubeto solo podrán contener líquidos de la misma clase o subclase.

Las paredes de los cubetos serán de hormigón recubiertas de una chapa lisa de aglomerado asfáltico para evitar pérdidas importantes de líquido por filtración en el caso de fugas.

Existirán dos accesos normales al interior del cubeto.

1.2 REDES DE DRENAJE

Las redes de drenaje se diseñarán para proporcionar una adecuada evacuación de los fluidos residuales, aguas de lluvia, de proceso, de servicios contra incendios, y otros similares.

Fundamentalmente existirán dos colectores generales: uno para aguas limpias y otro para aguas contaminadas o susceptibles de serlo.

El tamaño de los colectores generales será de 200 mm de diámetro.

La profundidad del enterramiento, sin protección mecánica, a la que deben situarse las tuberías de drenaje debe ser de 600 mm medidos desde la generatriz superior de la tubería hasta el nivel del terreno.

La entrada de líquidos al colector de aguas contaminadas se realizara por una arqueta y a través de un cierre sifónico, de modo que no escapen gases del colector general por dicho injerto.

1.3 ZONAS DE CARGA:

La plataforma en la que se estacionan los vehículos durante la carga tendrá una pendiente del 1% hacia los sumideros de evacuación.

1.4 LIMITES EXTERIORES DE LAS INSTALACIONES:

Toda la planta en la que se de un almacenamiento de superficie debe disponer de un cerramiento al exterior rodeado el conjunto de sus instalaciones. La altura del vallado sera de 2 m.

Este cerramiento no debe obstaculizar a aireación, y se realizará con malla metálica.

1.5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO:

1.5.1 PROTECCION CON AGUA:

Como medida de seguridad sera preciso instalar una red de agua especifica contra incendios que alimentara los siguientes sistemas:

- Sistema de proyección de agua hacia los tanques de almacenamiento, con el fin e enfriar el tanque incendiado y los adyacentes. Estará dotado de boquillas pulverizadoras fijas orientadas hacia el tanque, dispuestas a lo largo de una conducción situada en la parte superior del tanque que rodee toda la superficie exterior del mismo.

- La presión dinámica en la boquilla situada en el punto mas desfavorable sera de 3 kg/ cm², superior marcada por la ley, ya que al tratarse de depósitos a la intemperie debemos considerar la proyección del viento que podría desviar el chorro de su objetivo y no lograrse los planteamientos de refrigeración perseguidos. El caudal necesario para enfriar cada tanque es
- Bocas de incendio equipadas (BIE). Se instalaran un total de tres BIEs con una distancia máxima entre ellas de 30 m. Cada BIE constara de una vitrina que lleve bien visible el letrero “ Equipo de protección contra incendio” y contendrá una manguera de 45 mm de diámetro y una longitud de 15 m, de uso exclusivo contra incendio. La presión mas desfavorable en la BIE sera de 3,5 kg/cm² y proporcionara un caudal de ... 9 m³/h.
- Columna hidrante exterior, cuyo fin es el suministro a las autobombas y elementos de enganche de mangueras y bifurcaciones. Estarán provistos de conexiones de acuerdo con la norma UNE 23 400. Dispondrán de una boca de 70 mm de diámetro que proporcione un caudal de 30 m³/h y una presión de 8,5 kg/cm² siguiendo las recomendaciones de la regla técnica RT2-CHE de CEPREVEN.

Para el abastecimiento de todos los sistemas de protección contra incendios con agua se construirá una red de tuberías dispuesta en anillo, de uso exclusivo contra incendios. Los diámetros de tubería deberán garantizar los caudales requeridos con una presión manométrica mínima de 686 Kpa. Las conducciones poseerán un diámetro nominal de 8 pulgadas. Las deberán protegerse contra cualquier tipo de daño mecánico o corrosión, para ello se enterraran 1 m por debajo de la superficie del terreno.

La red dispondrá de válvulas de corte para aislar cualquier sección que se vea afectada por una rotura, manteniendo el resto de la red a presión de trabajo. Las válvulas de seccionamiento serán de tipo husillo exterior adyacente y volante estacionario de forma que permita ver a simple vista si la válvula esta abierta o cerrada.

Los suministros de agua para la red específica contra incendios procederá de un depósito vertical diseñado para tal ocupación con un volumen total de 9 m³ trabajando normalmente al 90% de su capacidad.

La instalación estará dotada de un sistema de bombeo capaz de impulsar el caudal resultante de sumar el necesario para enfriar la zona de almacenamiento (0,9 m³/h por perímetro), mas el requerido por el resto de los sistemas de protección contra incendios.

1.5.2 PROTECCION CON ESPUMA:

El cubeto en el que se sitúan los tanques de almacenamiento de etanol estará dotado de un sistema fijo de extinción por espuma, tanto para los tanques como para el cubeto que los contiene. De esta forma se garantiza la protección de una zona de difícil acceso, como es la superficie del tanque, evita retrasos y cubre una gran superficie sin incrementar la necesidad de personal. El espumogeno sera de tipo antialcohol o AFFF.

Para la protección de los depósitos se instalaran los correspondientes rociadores o sprinklers, dispuestos de forma que viertan la espuma sobre la totalidad de la superficie del liquido almacenado, proporcionando un caudal de espumante (mezcla agua-espumogeno) de 63,62 L/min en cada deposito. El tiempo mínimo de aplicación sera de 55 minutos.

En el caso de que se produzcan derrames en el cubeto, la protección contra incendios se hará cubriendo el volumen total del cubeto. Para ello se instalara un generador de espuma con un caudal de 11,4 m³/h que actuara durante un tiempo de 20 minutos.

1.6 PROTECCIONES ESPECIALES

1.6.1 EXTINTORES

En todas las zonas de almacenamiento, y en especial las de manejo de alcoholes, donde existan conexiones , salas de bombas, válvulas de uso frecuente como en la zona de carga y descarga y en los accesos a los cubetos se dispondrán de extintores de eficacia 34A-144B, de acuerdo con la norma UNE 23 110. En las zonas de riesgo eléctrico como en los cuadros eléctricos se situaran extintores de CO₂. Los extintores se revisaran periódicamente, de acuerdo con la legislación vigente y recomendaciones del fabricante, y como mínimo una vez al año. Se mantendrá un libro de registro actualizado con las pruebas realizadas.

1.6.2 ALARMAS

Se dispondrán de puestos para el accionamiento de alarmas consistentes en pulsadores manuales con sirena asociada perfectamente audible en toda la zona, y de tono distinto de los usados para otros fines.

Los pulsadores se situaran a menos de 200 m de los depósitos de almacenaje de etanol, sala de bombas o estaciones de carga. Se establecerán normas de evacuación para evitar el bloqueo de los accesos cuando suene la alarma. Existirá un teléfono que permita la comunicación con el cuerpo de bombero.

1.6.3 EQUIPOS AUXILIARES

En la proximidad de puestos de trabajo, como estaciones de carga y descarga, se colocaran los siguientes equipos de protección personal:

- Una mascara con filtro por cada operario del puesto.
- Una careta de respiración autónoma
- Una manta ignífuga.
- Una estación de agua para la ducha y lavaojos.

En los lugares accesibles para uso en todo momento:

- Un equipo analizador de mezcla explosiva.
- Sesenta metros de manguera, con empalmes adaptables a la red de incendios, con boquilla para chorro de pulverización.

ANEXO 2

REQUISITOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL CONFORME AL TIPO DE SUSTANCIA QUÍMICA UTILIZADA EN LA INSTALACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS POR RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN.

Se ha realizado un estudio de zonificación para evaluar los peligros que poseen algunas partes de la planta de procesos, como puede ser la caldera o el almacenamiento de etanol anhidro, extremadamente inflamable.

1.1 ZONIFICACIÓN DE ÁREAS POR RIESGOS DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN:

Las zonas de riesgo de incendio y explosión , serán establecidas según las prescripciones particulares para instalaciones eléctricas ITC-BT-29.

La presente instrucción tiene por objeto especificar las reglas esenciales para el diseño, ejecución, explotación, mantenimiento y reparación de las instalaciones eléctricas en emplazamientos en los que existe riesgo de explosión o de incendio debido a la presencia de sustancias inflamables para que dichas instalaciones y sus equipos no puedan ser, dentro de límites razonables, la causa de inflamación de dichas sustancias.

La clasificación de los emplazamientos , según dicha instrucción es la siguiente:

- Clase I: Comprende los emplazamientos en los que hay o puede haber gases, vapores o nieblas en cantidad suficiente para producir atmósferas explosivas o inflamables; se incluyen en esta clase los lugares en los que hay o puede haber líquidos inflamables.
- Clase II: Comprende los emplazamientos en los que hay o puede haber polvo inflamable.

Dentro de estas clases de emplazamientos se pueden distinguir las siguientes zonas:

Zonas de emplazamientos Clase I

- Zona 0: Emplazamiento en el que la atmósfera explosiva constituida por una mezcla de aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor ,o niebla, está presente de modo permanente, o por un espacio de tiempo prolongado, o frecuentemente.
- Zona 1: Emplazamiento en el que cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación ocasional de atmósfera explosiva constituida por una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.
- Zona 2: Emplazamiento en el que no cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación de atmósfera explosiva constituida por una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o, en la que , en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo subsiste por espacios de tiempo muy breves.

En la Norma UNE-EN 60079-10 se recogen reglas precisas para establecer zonas en emplazamientos de Clase I.

Zonas de emplazamiento Clase II

- Zona 20: Emplazamiento en el que la atmósfera explosiva en forma de nube de polvo inflamable en el aire está presente de forma permanente, o por un espacio de tiempo prolongado, o frecuentemente.
Las capas en sí mismas no constituyen una zona 20. En general estas condiciones se dan en el interior de conducciones, recipientes, etc. Los emplazamientos en los que hay capas de polvo pero no hay nubes de forma continua o durante largos períodos de tiempo, no entran en este concepto.
- Zona 21: Emplazamientos en los que cabe contar con la formación ocasional, en condiciones normales de funcionamiento, de una atmósfera explosiva, en forma de nube de polvo inflamable en el aire.
Esta zona puede incluir entre otros, los emplazamientos en la inmediata vecindad de, por ejemplo, lugares de vaciado o llenado de polvo.
- Zona 22: Emplazamientos en el que no cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación de una atmósfera explosiva peligrosa en forma de nube de polvo inflamable en el aire o en la que, en caso de formarse dicha atmósfera explosiva, sólo subsiste por breve espacio de tiempo.
Esta zona puede incluir, entre otros, entornos próximos de sistemas conteniendo polvo de los que puede haber fugas y formar depósitos de polvo.

En la Norma CEI 61241-3 se recogen reglas para establecer zonas en emplazamientos de Clase II.

Con lo dispuesto anteriormente, podemos considerar que la instalación en estudio se encuadra en los emplazamientos de Clase .

Un estudio aproximado de la instalación es el siguiente:

Tanque de almacenamiento de un líquido inflamable, situado en el exterior, con techo fijo.

Factores principales que influyen en el tipo y extensión de las zonas:

Tanque de almacenamiento

Ventilación

Tipo.....

Natural

Grado..... Medio*

Disponibilidad Muy buena

Fuente de escape

Grado de escape

Superficie del líquidoContinuo

Venteo y otras aberturas en el techo..... Primario

Bridas, etc. dentro de la cubeta y sobrellenado del tanque..... Secundario

Producto

Punto de inflamación.....Temperatura de proceso y ambiente

Densidad del gas.....Mayor que el aire

* Dentro del tanque y en el sumidero es bajo

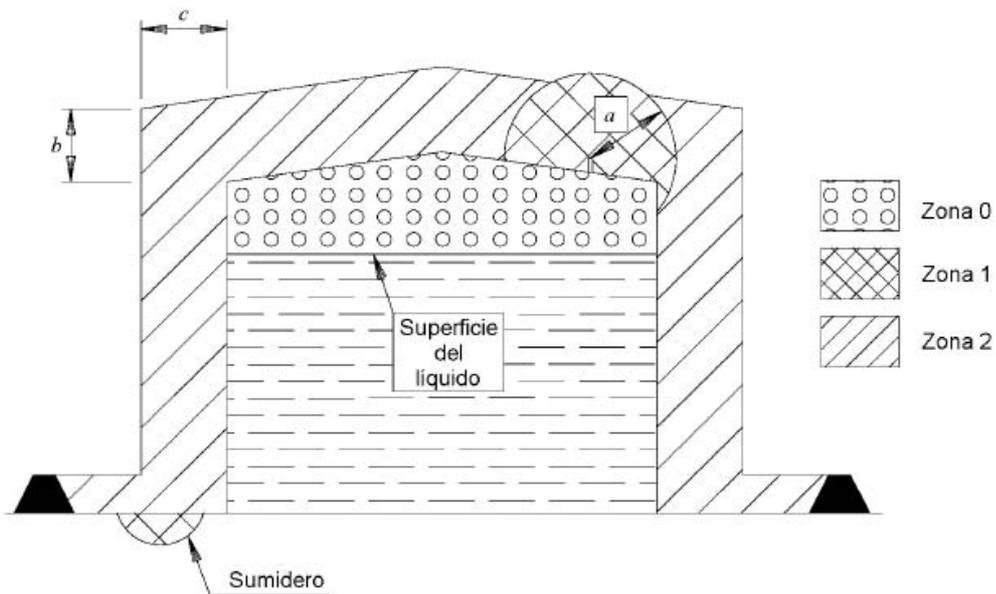
Tomando en consideración los parámetros relevantes, los valores típicos obtenidos para este ejemplo son:

a = 3 m desde los venteos;

b = 3 m encima del techo;

c = 3 m horizontalmente desde el tanque.

(dibujo no está a escala)



Bridas, uniones y accesorios de tuberías

Ventilación

Tipo..... Natural
 Grado..... Medio
 Disponibilidad Muy buena

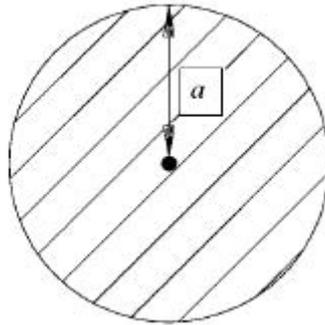
Fuente de escape

Grado de escape
 Bridas, uniones y accesorios.....Secundario

Producto

Punto de inflamación.....Inferior a la temperatura de
proceso y ambiente

Densidad del gas..... Mayor que el aire



(dibujo no a escala)

a= valor típico 1 metro en todas las direcciones.

Quemador de la caldera

Ventilación

Tipo..... Natural
Grado..... Medio
Disponibilidad Muy buena

Fuente de escape

Grado de escape

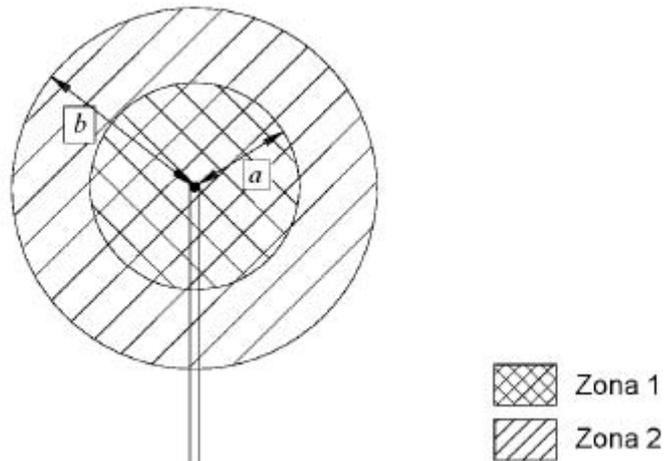
Difusor primario y secundario

Producto

Punto de inflamación..... Inferior a la
temperatura de proceso y ambiente

Densidad del gas..... Mayor que el aire

(dibujo no a escala)



a = 3 m en todas las direcciones desde la fuente de escape;

b = 5 m en todas las direcciones desde la fuente de escape.

Cargadero de camiones cisterna (durante el llenado) situado en el exterior para llenado de bioetanol por la parte superior

Factores principales que influyen en el tipo y extensión de las zonas:

Ventilación

Tipo.....	Natural
Grado.....	Medio
Disponibilidad	Muy buena

Fuente de escape

Grado de escape

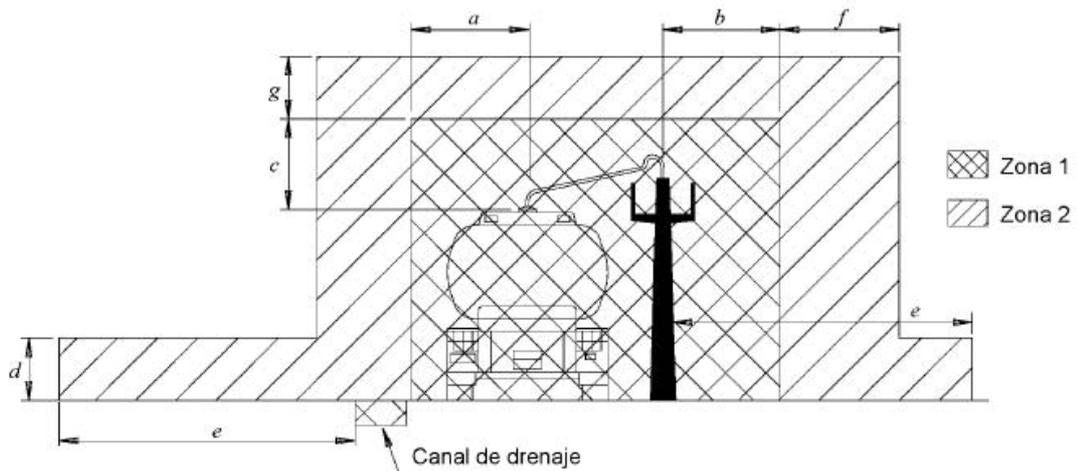
Aberturas en el techo de la cisterna.....	Primario
Derrame en el suelo.....	Secundario
Sobrellenado de la cisterna.....	Secundario

Producto

Punto de inflamación.....	Inferior a la temperatura de proceso y ambiente
---------------------------	---

Densidad del gas.....	Mayor que el aire
-----------------------	-------------------

El dibujo no está a escala



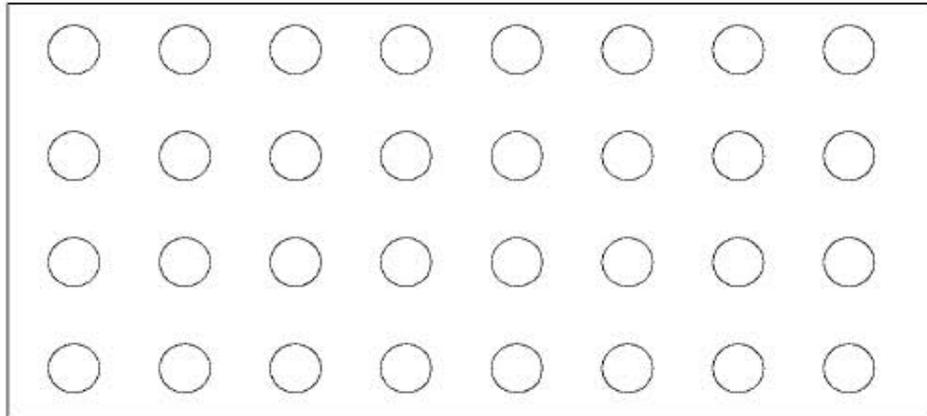
Tomando en consideración los parámetros relevantes, los valores típicos obtenidos para este ejemplo son:

- a = 1,5 m horizontalmente desde la fuente de escape;
- b = 1,5 m horizontalmente desde acoplamiento flexible;
- c = 1,5 m por encima de la fuente de escape;
- d = 1 m sobre el nivel del suelo;
- e = 4,5 m horizontalmente desde el canal de drenaje;
- f = 1,5 m horizontalmente desde la zona 1;
- g = 1,0 m por encima de la zona 1.

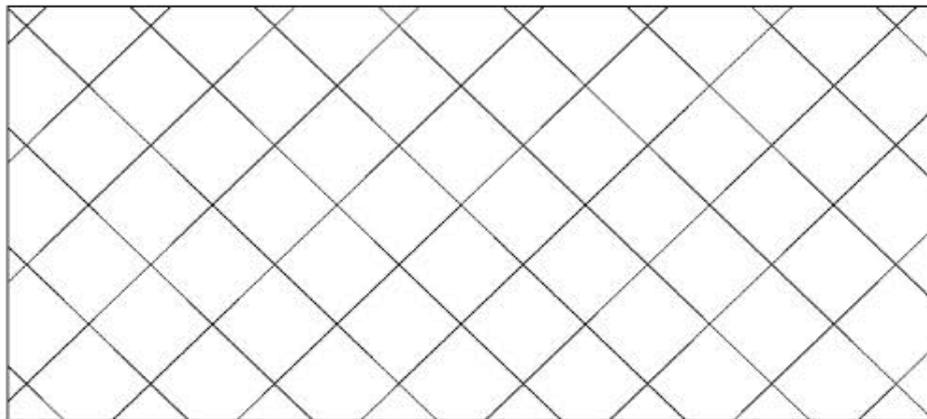
NOTA 1 – Si el sistema es cerrado con recuperación de vapor, las distancias pueden reducirse, de tal forma que la zona 1 puede ser despreciable y la extensión de la zona 2 significativamente reducida.

NOTA 2 – Los derrames debidos a sobrellenos son improbables con un sistema de recuperación de vapores.

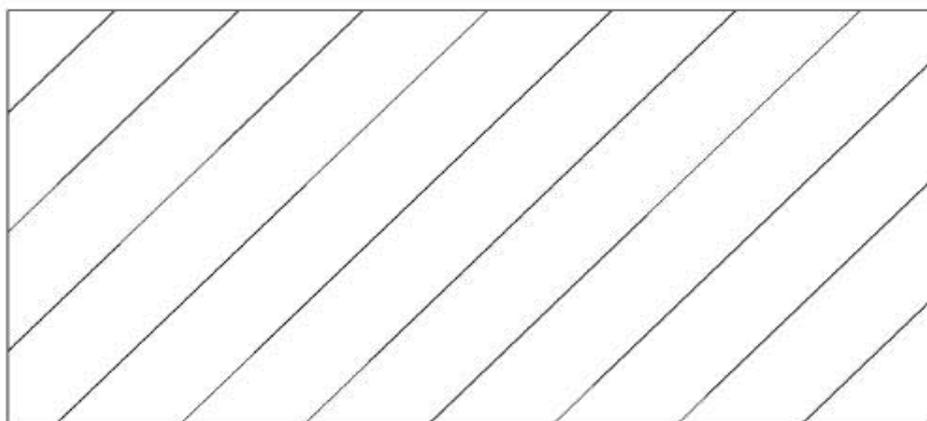
A continuación se disponen una serie tablas típicas utilizadas en estos estudios , gráficos explicativos y una vista de la instalación con las zonas de riesgo señalada



Zona 0



Zona 1



Zona 2

ANEXO 3

**SEGURIDAD EN PLANTA: DETECCIÓN DE FUGAS
DE VAPOR EN CALDERAS
POR MÉTODOS ACÚSTICOS**

1. INTRODUCCIÓN

Un problema de gran importancia con el que sistemáticamente tiene que enfrentarse todo operador de una caldera de vapor a la hora de producir energía es el de la aparición de fugas inesperadas en el circuito de generación de vapor de la misma.

Por un lado, el problema aparece de forma inesperada, resultando muy difícil, por no decir imposible, la predicción precisa del mismo. Los fenómenos de corrosión y de degradación de materiales que dan lugar a la aparición de las fugas son perfectamente conocidos, sin embargo nadie tiene datos suficientes de todos los elementos instalados en una caldera, y menos de sus defectos ocultos de fabricación, como para establecer un modelo matemático que permitiese predecir con cierta fiabilidad la aparición de una fuga. Como máximo podríamos decir que cuantos más días llevásemos sin la manifestación de una fuga más alta sería la probabilidad de que dicha fuga pudiese aparecer.

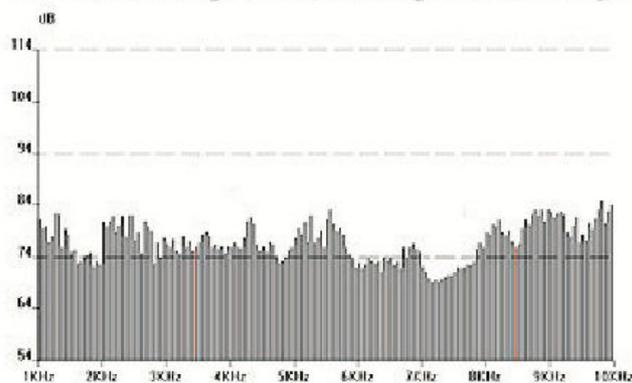
En segundo lugar, una fuga se caracteriza por ser un problema que, una vez que aparece, siempre crece en magnitud y consecuencias, y nunca se puede esperar que remita por sí solo autocorrigiéndose.

Una tercera consideración es la económica. Por un lado la existencia de fugas en el circuito supone una pérdida de rendimiento del sistema, y a su vez la corrección del problema implica una parada de la caldera cuyas repercusiones económicas superan con creces cualquier otra consideración.

Una cuarta consideración es la de seguridad para las personas ante los riesgos de una explosión. Dado el nivel de presiones que actualmente se manejan en los circuitos de las calderas de vapor, normalmente tenemos una cierta idea de como empieza una fuga, como un pequeño agujero por el que empieza a salir un chorro de vapor, pero sin embargo nunca tenemos tan claro como puede terminar el proceso en caso de que lo dejemos mucho tiempo sin tratar.

La capacidad de detección de un hombre experto, que conoce a fondo su caldera, mirando, escuchando y tocando está lo suficientemente probada como para no desdeñarla, pero adolece de una serie de inconvenientes a considerar: Su coste es alto, pero dada su versatilidad resulta más eficaz en otro tipo de tareas de mayor envergadura.

Distribución espectral sonora típica de una fuga

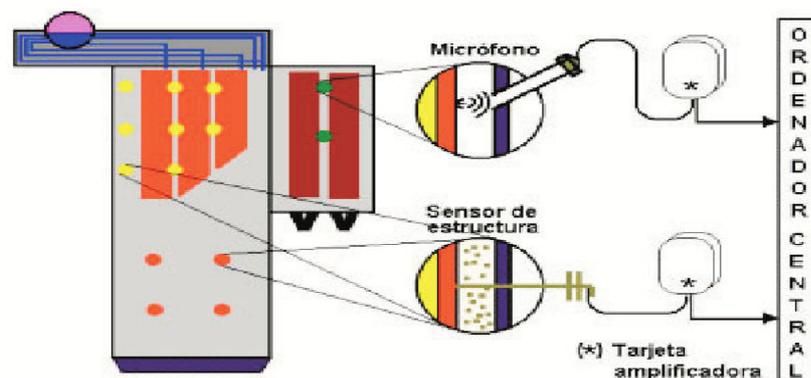


El sonido producido por una fuga se propaga tanto por el aire como por la estructura de la caldera, siendo posible por tanto detectar la presencia de fugas escuchando mediante dispositivos adecuados el ruido presente en los diversos puntos.

Sin embargo, en cualquier sistema que se construya basado en este principio hay que considerar la presencia de otros sonidos que interfieren en el proceso de detección como son el propio ruido de la combustión, el ruido de los motores, ventiladores, compresores, etc. situados en diversos puntos de la estructura, los ruidos producidos por los operarios de servicio en las acciones de operación y mantenimiento, el ruido de los sopladores, etc.

Dicho lo anterior, se deduce de inmediato que la detección de fugas por medios acústicos (Fig. 2) se basa en:

- escuchar,
- medir niveles de ruido,
- comparar los niveles de cada instante con los niveles precedentes
- filtrar o eliminar del análisis los ruidos interferentes.



Una característica importante a la hora de seleccionar un sistema de detección acústica de fugas es la de que en el mismo se disponga de algún sistema sencillo de calibración y verificación de los conjuntos micrófono / amplificador de medida.

Por un lado conviene que estos dispongan en cada uno de ellos de un generador de ruido, activable cuando convenga, que permita hacer una verificación frecuente, del tipo pasa / no pasa, que asegure el funcionamiento de cada uno.

Además deberemos disponer de un generador de ruido, de características adecuadas, que genere un nivel acústico conocido, que nos permita calibrar periódicamente cada uno de los conjuntos para asegurar que las medidas que proporcionan son correctas.

Otra característica importante a considerar es la de que el sistema permita a los operadores oír en la sala de control lo mismo que los micrófonos están oyendo en los diversos puntos de la caldera, ya que, tal como significábamos en párrafos anteriores, el operador humano, aunque limitado en algunos aspectos, resulta insustituible en su capacidad de análisis e interpretación de sonidos.

En otras palabras, que de cada uno de los micrófonos debe bajar hasta sala de control la señal correspondiente a lo que está captando para que pueda ser reproducida en un altavoz o en unos auriculares.

Llegados a este punto, y, tal como ya hemos dicho, aunque los niveles absolutos de ruido medidos no son significativos en sí, resulta conveniente recordar de forma resumida algunos niveles de ruido típicos de nuestro entorno de vida actual para que nos hagamos una mejor idea sobre de qué estamos hablando:

- 50dB Calle con tráfico ligero.
- 60dB Típico en una oficina.
- 70dB Calle con tráfico pesado.
- 80dB Taller con maquinaria ligera.
- 90dB Típico en una caldera.
- 100dB Taller con maquinaria pesada.
- 110dB Martillazo sobre acero
- 120dB Umbral de dolor en el ser humano.

Dicho lo anterior, la experiencia ha demostrado que para una correcta detección basta con que el sistema de medida sea capaz de manejar un margen comprendido entre los 54 y 114 dB, siendo los valores en el entorno a los 90dB un punto de referencia a considerar inicialmente para la determinación de fugas.

En cualquier caso, la puesta en servicio de cualquiera de estos sistemas precisa de un periodo inicial de calibración, ajuste y aprendizaje por parte de los usuarios.

Inicialmente supongamos que el sistema lo hemos instalado en una caldera libre de fugas en la que empezamos a medir. Durante algunas semanas deberemos registrar de forma lo más continua posible la evolución del nivel de ruido en cada punto de medida. (Fig. 3).

Esto nos dará una curva que representará el comportamiento típico de ese punto, y que nos permitirá establecer cuales son sus valores de ruido máximo y mínimo para considerar el punto dentro de la normalidad. Posteriormente, valores por debajo del mínimo registrado podrán ser indicio de mal funcionamiento del micrófono, y valores por encima del máximo serán indicio de una posible fuga a considerar.

En cualquier caso, y basándonos en el hecho reiteradamente expuesto de que toda fuga siempre evoluciona a más, será el análisis de la evolución del ruido el que nos dará una mejor pista a la hora de identificarla.



Otro elemento a considerar en el periodo de ajuste y aprendizaje es el de identificar los ruidos interferentes para aprender a ignorarlos en el análisis de los registros, o, si el sistema lo permite, determinar como filtrarlos automáticamente para que no aparezcan.

Hasta aquí hemos hablado de la posibilidad de detectar la aparición de una fuga, pero no es menos importante la de poder determinar también con la mayor aproximación posible donde se ubica la misma.

En teoría, utilizando un número suficiente de micrófonos, haciendo un análisis estereofónico adecuado, debería ser posible determinar con bastante precisión la localización de una fuente de ruido. Sin embargo la complejidad de los fenómenos que intervienen en la transmisión del sonido dentro de la caldera hacen, hoy por hoy, prácticamente inviable el procedimiento.

En cualquier caso, la experiencia demuestra que, disponiendo de un adecuado reparto de micrófonos en la caldera, basta con un simple análisis comparativo del incremento del ruido en los diversos puntos para dar al equipo de mantenimiento una información suficiente de localización que permita ir rápidamente al punto en cuestión.(Fig. 4)



2. UBICACIÓN Y MONTAJE DE MICRÓFONOS

Una de las primeras cuestiones a dilucidar cuando se decide la instalación de un sistema de detección de fugas es la del número de micrófonos a instalar y su ubicación, ya que ello afecta muy directamente a la relación Nivel de protección / Coste del sistema. Cuantos más micrófonos pongamos mayor será el nivel de protección que nos proporcione el sistema, y mayor será el coste.

Los principales factores determinantes de esta decisión serán: La sensibilidad o alcance de los micrófonos a instalar, la estructura del sistema de tubos de vapor de la caldera y la experiencia previa.

La estructura de tubos de vapor de la caldera determina por un lado cuales son las zonas de mayor riesgo de fugas, ya que, evidentemente, donde no haya tubos no puede haberlas. Por otra parte, dentro de que haya zonas con mayor o menor densidad de tubos, la experiencia previa nos puede ayudar mucho a determinar donde ha habido una mayor incidencia de averías, y por tanto donde el riesgo es mayor.

Una vez determinadas las zonas de mayor riesgo deberemos proceder a establecer una distribución teórica de los micrófonos basándonos en sus características de sensibilidad o alcance. Dado que la zona cubierta por cada micrófono, considerando que lo montamos en una pared de la caldera, es una semiesfera de 1,5 metros de radio, lo ideal sería ubicar los mismos de tal forma que el volumen a cubrir estuviese comprendido dentro de la unión de los volúmenes de todas las semiesferas. Dicha distribución teórica nos servirá como punto de partida, y basados en ella podremos proceder a establecer la distribución real que estará condicionada en gran manera por la estructura de la caldera.

Hay que tener en cuenta que con frecuencia será mejor aprovechar puertas y agujeros previamente existentes en la pared de la caldera antes que realizar nuevas perforaciones. Además, la presencia o no de plataformas y escaleras que faciliten el acceso a ciertos puntos podrá inclinar la balanza a la hora de seleccionar finalmente un punto respecto a otro.

El montaje de los micrófonos se hace típicamente en el extremo de una tubería de acero galvanizada cuyo extremo opuesto se suelda en un agujero dispuesto en la pared de la caldera.

Dicho tubo actúa de guíaondas para el sonido procedente del interior de la caldera, y permite que llegue aquel al micrófono al tiempo que aísla suficientemente este de las duras condiciones existentes dentro. Los tubos se montan inclinados hacia arriba de forma que el micrófono quede mas alto que el agujero, y se los dota de una ligera curva en la parte inferior junto a la pared y de una válvula de bola junto el micrófono. De esta forma el micrófono no ve directamente el interior de la caldera y queda protegido de la radiación infrarroja pudiéndose aislar del interior para mantenimiento, y por último el micrófono queda separado lo suficiente de la pared como para que la temperatura se mantenga dentro de unos límites tolerables.

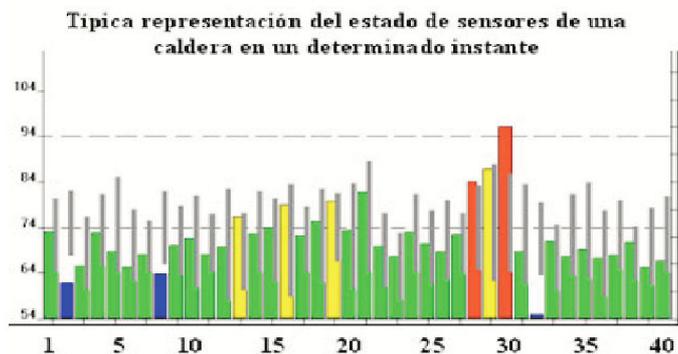
Dicho lo anterior resulta evidente la conveniencia de utilizar en la sala de control sistemas de representación y seguimiento más sofisticados, con capacidad de almacenamiento de datos a lo largo del tiempo, que simplifiquen el análisis a posteriori de los sucesos ocurridos en cada canal.

Con frecuencia las señales se incorporan al sistema general de control de la planta, y es en este donde se implementan todas las funciones de seguimiento, representación gráfica y detección de alarmas.

En otras ocasiones el sistema en sala de control se basa en un PC dedicado específicamente a ello, y es en él donde se representan los datos gráficos y se almacenan los datos históricos para el análisis final.

En cualquier caso, la funcionalidad mínima deseable en uno de estos sistemas sería:

- Representación gráfica en forma de barras (Fig. 6) de los niveles acústicos de cada uno de los puntos de medida instalados en la caldera. Dicha representación conviene que disponga de un código de colores que permita verificar a simple vista y de forma simple cuales de ellos puedan estar en estado de prealarma o alarma. Funciones de análisis de la distribución de frecuencias del ruido existente en cada canal.
- Representación gráfica del estado de los diversos canales, representados por colores, situando cada uno sobre su ubicación real en un mímico de la caldera.



- Establecimiento de niveles de alarma, independientes por cada canal, que permitan resaltar de forma simple los siguientes estados:
 - Posible avería del micrófono como consecuencia de que el nivel de ruido detectado es inferior al nivel típico del canal considerado.
 - Situación de prealarma de fuga como consecuencia de haberse superado un primer nivel de ruido por encima del ruido normal del canal.
 - Situación de alarma de fuga como consecuencia de haberse superado un segundo nivel de ruido, superior al anterior, por encima del ruido normal del canal.
- Almacenamiento periódico de los datos de nivel de ruido de cada canal a lo largo del tiempo, para permitir los posteriores análisis de tendencias de evolución para la determinación de fugas.
- Funciones de análisis y de representación gráfica de la información registrada a lo largo del tiempo que permitan visualizar las tendencias de cada canal, y deducir de ellas la posible aparición de fugas y su evolución. Típicamente interesa poder observar en un solo gráfico los datos correspondientes a los últimos 10 minutos, 2 horas, 24 horas y 60 días.
- Funciones de filtrado de la información capturada que permitan eliminar los ruidos interferentes correspondientes a sopladores y similares.

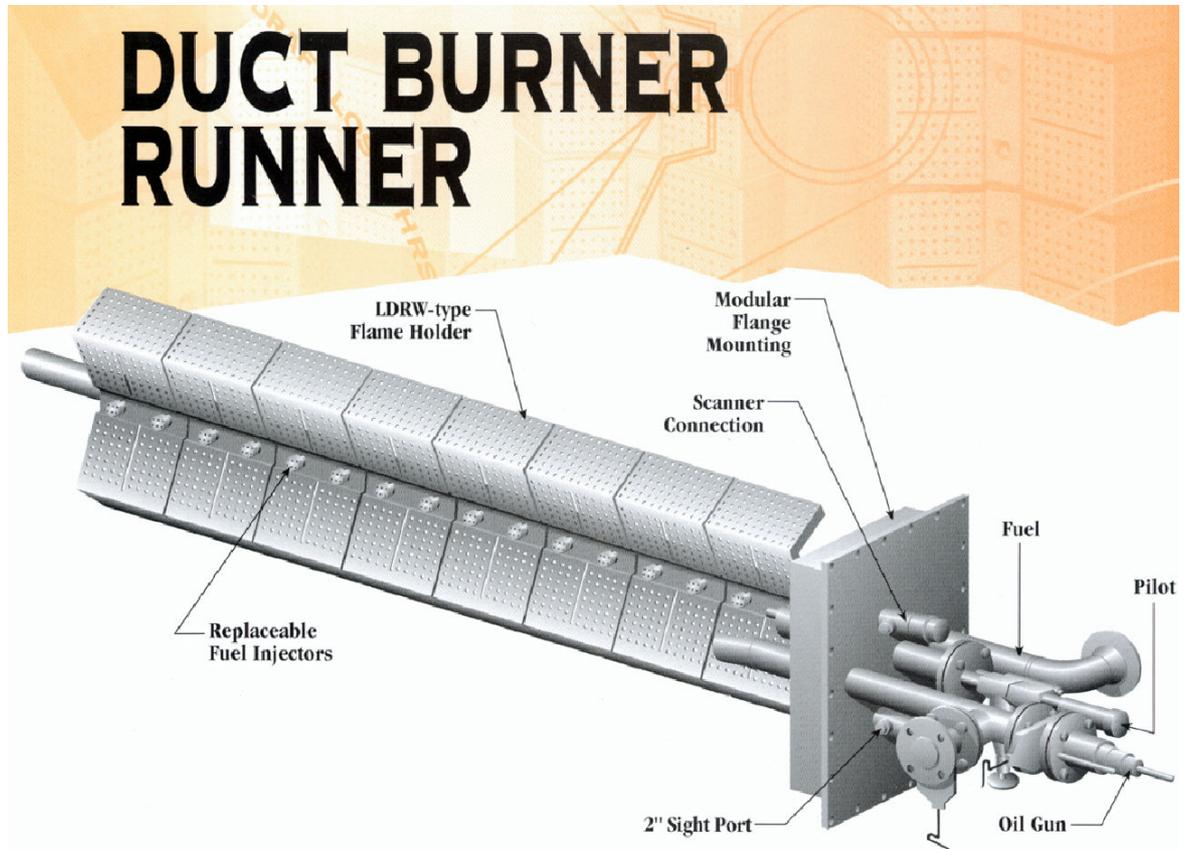
3. CONCLUSIÓN

A la vista de lo expuesto hasta este punto parecen bastante evidentes las ventajas de invertir en un sistema de este tipo, ya que la detección precoz de cualquier fuga supone una importante reducción económica de los costes de explotación , a la par que incrementa los niveles de seguridad para el personal de mantenimiento.

ANEXO 4

ANEXO GRÁFICO

1. CALDERA

**FEATURES**

- **Modular Design**
- **Short Flame Length**
- **High Turndown**
- **Stable Operation**
- **High Temperature Alloy for Long Service Life**

Hundreds of John Zink duct burner systems are in daily operation in HRSG installations worldwide with heat releases from less than 10 million Btu/hr to more than 500 million Btu/hr. Design-inherent gas-fired flame stability offers a 10:1 turndown range with emission levels typically less than 0.09 lb of NO_x, 0.08 lb of CO, 0.05 lb of UHC, 0.02 lb of VOC and 0.01 lb of Particulates per million Btu fired in well-designed duct systems. The burner flame remains uniform across the runner throughout the turndown range. Special controls and staging can achieve even higher turndowns and/or lower emissions.

JOHN ZINK
JOHN ZINK COMPANY LLC

DUCT BURNER RUNNER

A variety of gas-fired runner configurations is available from John Zink to suit customer size and emission constraints. All runners can be mounted either vertically or horizontally. Common flange mounting of all associated equipment including pilot, scanner(s), sight port(s) and oil gun provides a modular unit that makes retrofits to existing ductwork easy and economical. Modularity also eases maintenance access.

Each gas runner produces a short, stable flame which represents the most efficient combustion for downstream convective heat transfer and allows the shortest distance between the burner and boiler tubes. All are constructed of high temperature alloy for long life and low maintenance. Flow restriction baffles typically are not required with John Zink duct burner systems.

Robust flame holders shield the fuel header from radiation while metering turbine exhaust gas (TEG) into the primary combustion zone and providing ventilation to the base of the flame. The substoichiometric combustion zone thus produced

minimizes the production of thermal NOx. Fuel injectors are spaced across the length of the runner to shape the flame for improved heat distribution. The removable fuel injectors allow for simpler maintenance, as well as customized drilling sizes and angles. They also are easily modified for changes in fuel properties or TEG mass flow, or to compensate for TEG flow maldistribution.

Most gaseous fuels can be fired in John Zink duct burner systems. These include natural gas, plant gas, hydrogen and low-Btu gases. The capability of firing a combination of gaseous fuels can be integrated as necessary. Also a side-fired oil burner is available for John Zink duct burners, which enables firing either oil or gas, or a combination of oil and gas.

Although not typically necessary, supplemental air systems can be provided for oxygen-lean operating environments. Fresh air firing arrangements to maintain steam production during turbine outages can also be provided.



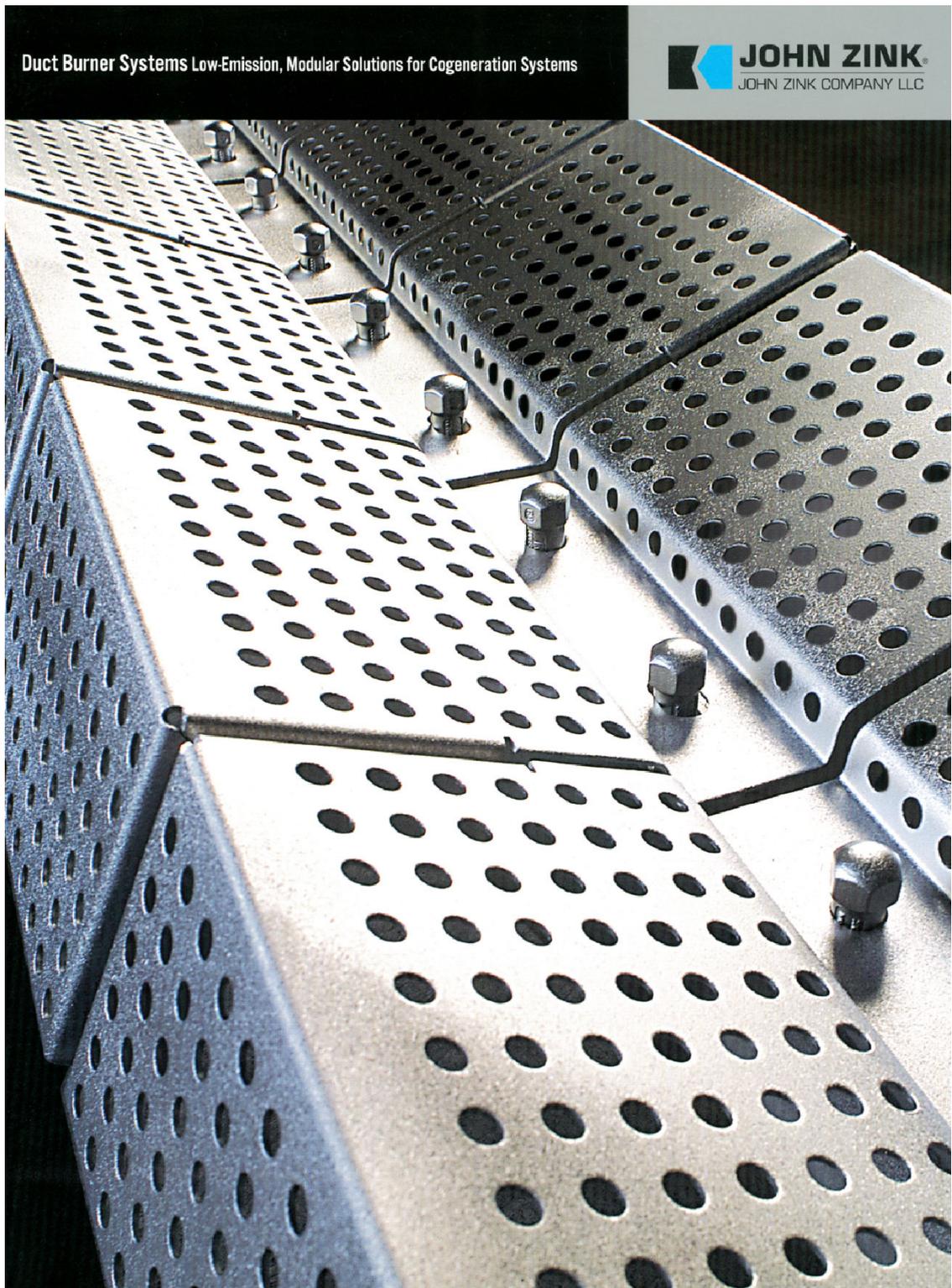
Bulletin 1036

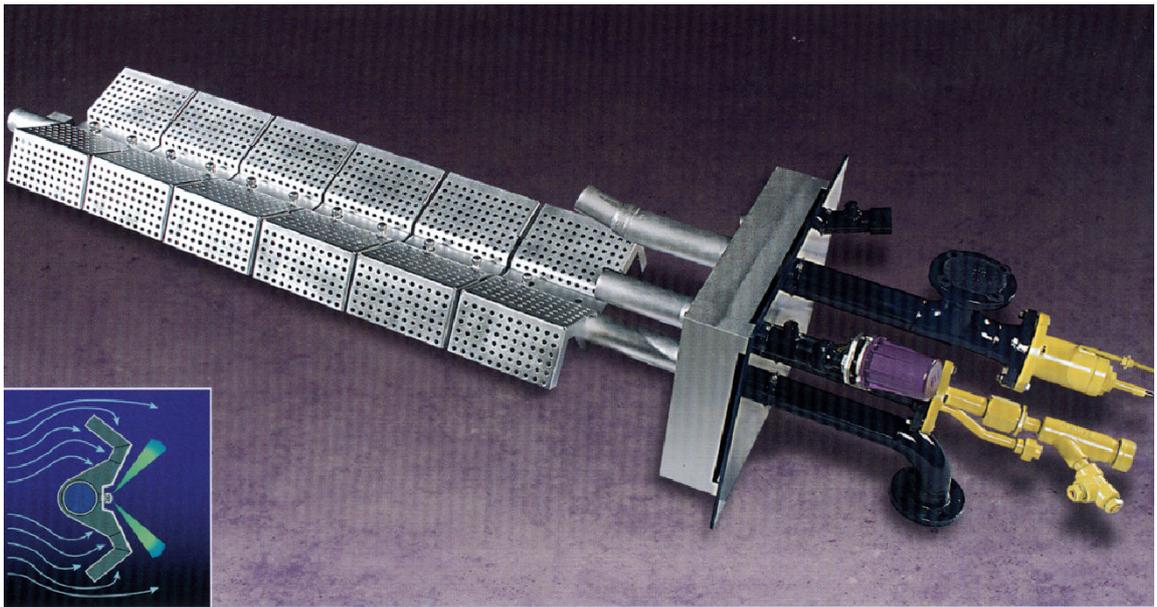
INTERNATIONAL HEADQUARTERS

11920 East Apache • Tulsa, Oklahoma 74116-1300
P.O. Box 21220 • Tulsa, Oklahoma 74121-1220
Tel: 918/234-1800 • Fax: 918/234-2700

Other offices are located in major cities around the world.

© Copyrighted John Zink Company 1996





Cross-section of patented John Zink duct burner runner

The John Zink Duct Burner helps you gain maximum efficiency at lower operating costs

Efficient, Environmental Performance.

Attain higher efficiency while lowering your emissions and operating costs with a high-performance Duct Burner System from John Zink. Ideal for new construction and modular-component retrofits alike, John Zink Duct Burner Systems are backed by over 70 years of experience in successful combustion applications around the world.

The Right System for Your Application.

John Zink Duct Burners are most frequently applied in cogeneration projects, electrical utility peaking stations, repowering programs and in industrial mechanical driver systems employing gas turbines with site requirements for steam. Other applications include fluidized bed combustors and chemical process plants. Typical system components include:

- Burner runners for gas firing
- Burner runners with oil guns for liquid firing
- Fuel trains and headers
- Pilots/ignitors/scanners
- Burner management systems
- Duct frame with stainless steel liner and insulation

Higher Efficiency For Lower Costs.

Direct-fired backup boilers operate with 50-85 percent efficiency. They simply can't compare to duct burners, which are more than 95 percent efficient. The initial capital cost of a duct burner is quickly offset by reduced operating costs.

John Zink Duct Burner Systems maximize efficiency—and fuel cost savings—by producing a compact, uniform flame envelope. The even temperature distribution across the boiler tubes greatly improves heat transfer and thereby steam generation. The result is higher steam production at lower, more uniform temperatures. The boiler's life is also prolonged and thermal efficiency is improved through the entire turndown range.

Beyond Environmental Compliance.

John Zink Duct Burners have demonstrated the capability to significantly reduce carbon monoxide and unburned hydrocarbon levels from the inlet exhaust stream. Zink Duct Burners also produce the lowest conversion of NO to NO₂. This combination of low NO_x, CO and UHC minimizes the potential for a visible brown plume. Zink has successfully eliminated visible plumes in gas turbine applications otherwise in compliance with environmental regulations.

Modular Design. Flexible Operation.

The modular nature of John Zink low-emission Duct Burner Systems makes them ideal for customized retrofit applications that replace older runners with improved, low-emission runners. It also keeps maintenance easy and cost-effective. The removable runners and fuel injector tips are easily modified to compensate for changes in fuel properties or increased boiler loading in the future.

Safe, Simple and Smart Components.

John Zink Duct Burner Systems are designed for safe and simple operation. Systems can also be designed to meet the requirements of various guidelines and codes such as the NFPA 8506 Standard on Heat Recovery Steam Generators.

John Zink Duct Burners are compatible with all turbine configurations and heat recovery systems. A wide range of fuel gases and/or oils can be accommodated. The main gas-firing runners are available in several designs to fit your emissions, flame length, plot constraints and turndown requirements. Oil guns are side-fired across the gas runners. Short, stable flames ensure the shortest plot space, efficient combustion and the lowest levels of NO_x, CO, UHC and particulate emissions.

Fuel Train Systems provide stable, efficient burner operation through the full turndown range. Fuel Skids are shipped completely assembled and factory tested, and can be designed to comply with applicable standards such as ANSI B31.1 or B31.3.

John Zink Duct Burner Systems are designed with individual pilots on each main runner. Pilots are spark-ignited and air-purged to eliminate moisture damage while ensuring long life and consistent performance. External mounting allows for easy access and maintenance.

The John Zink Burner Management System brings added ease and confidence and can be designed to meet various standards such as IRI, FM, CSA or any special requirement. The Flame Safeguard System continuously monitors the flame and reports any changes to the Burner Management System for appropriate action.

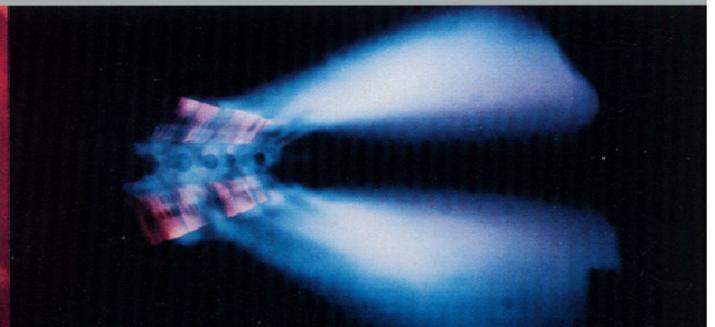
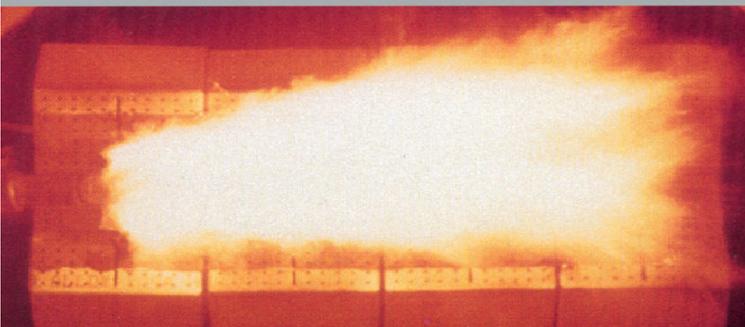
Turn To The Low-Emission Leaders.

Your total satisfaction is our priority at John Zink. Which is why we work hard to provide any level of support you require throughout the life of your system. From installation/start-up supervision to emissions monitoring...turnaround inspections to ongoing service contracts. Our highly trained service professionals are available to serve you around the clock, around the world.

Whether your needs call for a totally integrated burner package or modular components for a retrofit/revamp, call on the experts at John Zink. Leaders in low-emission burner technology for more than 70 years.

Side-fired oil burner under test

Gas-fired duct burner runner



Principal Locations

IN THE U.S.

JOHN ZINK COMPANY, LLC
 INTERNATIONAL HEADQUARTERS
 P.O. Box 21220
 Tulsa, Oklahoma 74121-1220, U.S.A.
 11920 E. Apache
 Tulsa, Oklahoma 74116-1300, U.S.A.
 918-234-1800
 Fax: 918-234-2700
 www.johnzink.com

IN EUROPE

JOHN ZINK EUROPE
 HEADQUARTERS
 KOCH INT. LUXEMBOURG SARL
 Zone Industrielle BNI
 Dudelange 3401
 LUXEMBOURG
 +352-518991
 Fax: +352-518611

IN THE FAR EAST

JOHN ZINK ASIA PACIFIC
 HEADQUARTERS
 10th Fl, Recruit Shin-Otsuka Bldg.
 25-15, Minami-Otsuka 2-Chome
 Toshima-Ku
 Tokyo 170
 JAPAN
 +81-3-5978-5580
 Fax: +81-3-3947-6551

OFFICES IN:

SHELTON (CT)
 203-925-0380

HOUSTON
 713-544-4123

LOS ANGELES
 714-739-8853

CALGARY
 403-269-4300

LONDON
 +44-1932-769830

ROTTERDAM
 +31-10-2646500



John Zink's upgrade of one of four combination oil/gas-fired duct burners at Doswell enabled increased oil firing and steam injection rates. Overall power production was increased by 6 MW. (Above)

One of the largest cogeneration sites in the world, Teesside has John Zink gas-fired duct burners in each of its eight trains. (Below)



2. RED DE TUBERIAS

Velocidades típicas de líquidos en tuberías de acero (m/s)

	$D \leq 2''$	$3'' < D \leq 10''$	$10'' < D < 20''$
<i>Agua</i>			
Succión bomba.....	0,3-0,6	0,6-1,2	1 -2
Descarga bomba.....	0,5-1	1 -1,5	1,2-2
Alimentación caldera.....	1,2-3	1,5-3,5	2,5-4,2
Desagües.....	1 -1,2	1 -1,5	—
<i>Hidrocarburos líquidos (viscosidad normal)</i>			
Succión bomba.....	0,5-0,75	0,6-1,2	1 -2
Desagües.....	1 -1,2	1 -1,5	—
<i>Aceites viscosos</i>			
Succión bomba:			
— Viscosidad media.....	—	0,5-1	0,75-1,5
— Alquitrán y fuel-oil.....	—	0,1-0,2	0,15-0,30
Descarga.....	—	1 -1,5	1,2-1,8
Desagües.....	0,3	0,5-1	—

Velocidades típicas de gases y vapores por tuberías (m/s)

Diámetro nominal (pulgadas)	Vapor saturado (baja presión)	Vapor sobrecalentado, o gas (media presión)	(alta presión)
≤ 2	13-30	12-24	9-18
3-4	15-33	13-27	10-20
6	18-36	15-36	13-27
8-10	20-38	24-48	20-38
12-14	21-39	30-57	24-43
16-18	23-40	33-63	27-48
20	24-42	26-66	30-50

[Levenspiel, 1998]

Unidades convencionales

Tamaño nominal del tubo	Diámetro exterior (in)	Cédula o designación								
		5S	10S	Std	40	XS	80	120	160	XXS
1/4	0.405	0.035	0.049	0.068	0.068	0.095	0.095			
1/2	0.540	0.049	0.065	0.088	0.088	0.119	0.119			
3/4	0.675	0.065	0.065	0.091	0.091	0.126	0.126			
1	0.840	0.065	0.083	0.109	0.109	0.147	0.147			
1 1/4	1.050	0.065	0.083	0.113	0.113	0.154	0.154			
1 1/2	1.315	0.065	0.109	0.133	0.133	0.179	0.179		0.187	0.294
2	1.660	0.065	0.109	0.140	0.140	0.191	0.191		0.218	0.308
2 1/2	1.900	0.065	0.109	0.145	0.145	0.200	0.200		0.250	0.358
3	2.375	0.065	0.109	0.154	0.154	0.218	0.218		0.281	0.382
3 1/2	2.875	0.083	0.120	0.203	0.203	0.276	0.276		0.281	0.400
4	3.500	0.083	0.120	0.216	0.216	0.300	0.300		0.344	0.436
4 1/2	4.000	0.083	0.120	0.226	0.226	0.318	0.318		0.375	0.552
5	4.500	0.083	0.120	0.237	0.237	0.337	0.337	0.438	0.438	0.600
6	5.563	0.109	0.134	0.258	0.258	0.375	0.375	0.500	0.531	0.674
8	6.625	0.109	0.134	0.280	0.280	0.432	0.432	0.500	0.625	0.750
10	8.625	0.109	0.148	0.322	0.322	0.500	0.500	0.562	0.719	0.864
12	10.75	0.134	0.165	0.365	0.365	0.500	0.500	0.594	0.719	0.875
14	12.75	0.156	0.165	0.375	0.406	0.500	0.688	0.844	0.906	1.000
16	14.00	0.156	0.250	0.375	0.438	0.500	0.750	1.094	1.125	1.000
18	16.00	0.165	0.250	0.375	0.500	0.500	0.844	1.219	1.406	1.000
20	18.00	0.188	0.250	0.375	0.562	0.500	0.938	1.219	1.594	1.000
24	20.00	0.188	0.250	0.375	0.594	0.500	1.219	1.375	1.781	1.000
24	24.00	0.218	0.250	0.375	0.688	0.500	1.219	1.500	1.969	1.000
>24				0.375		0.500		1.812	2.344	

[Levenspiel, 1998]

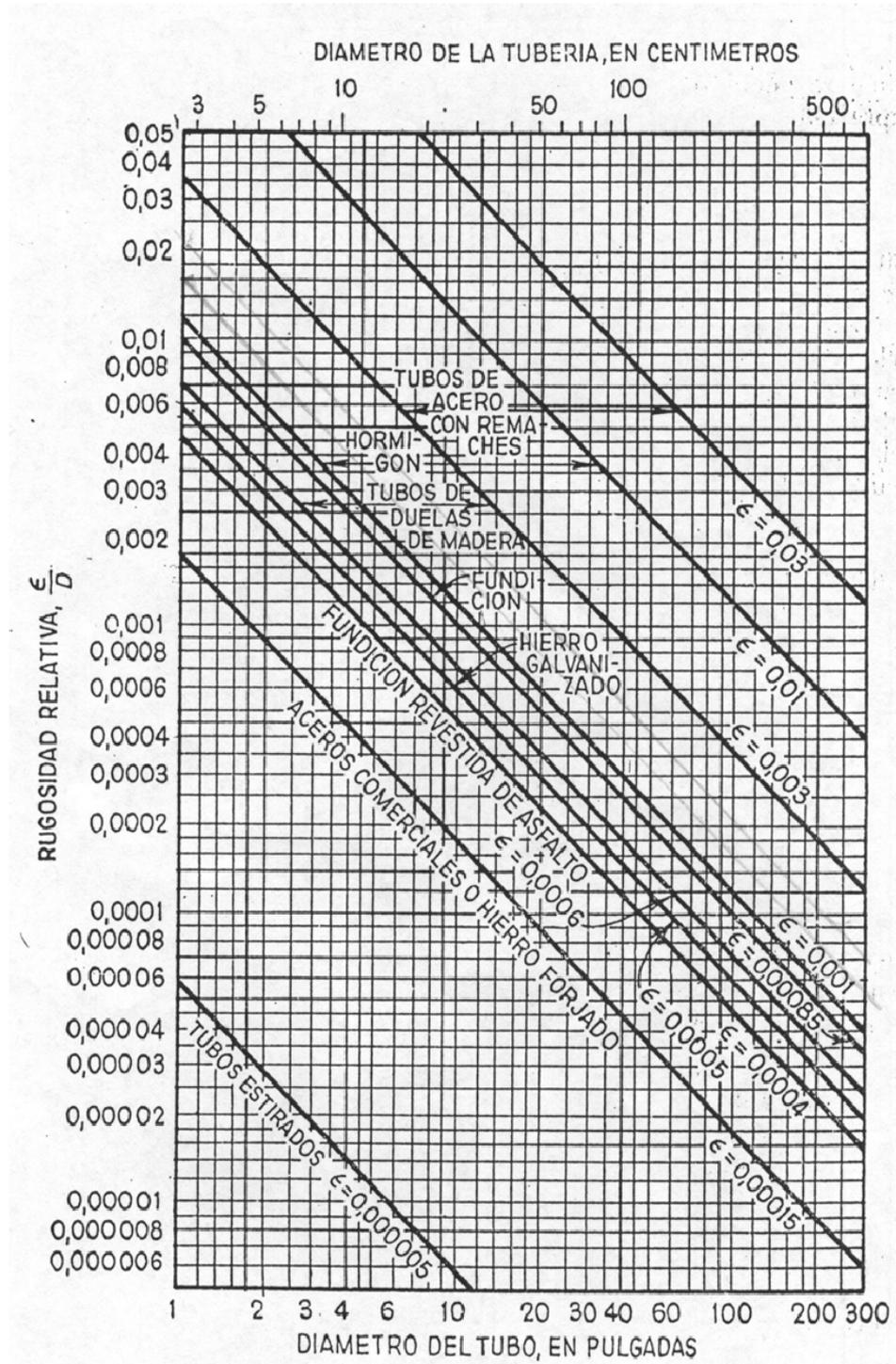
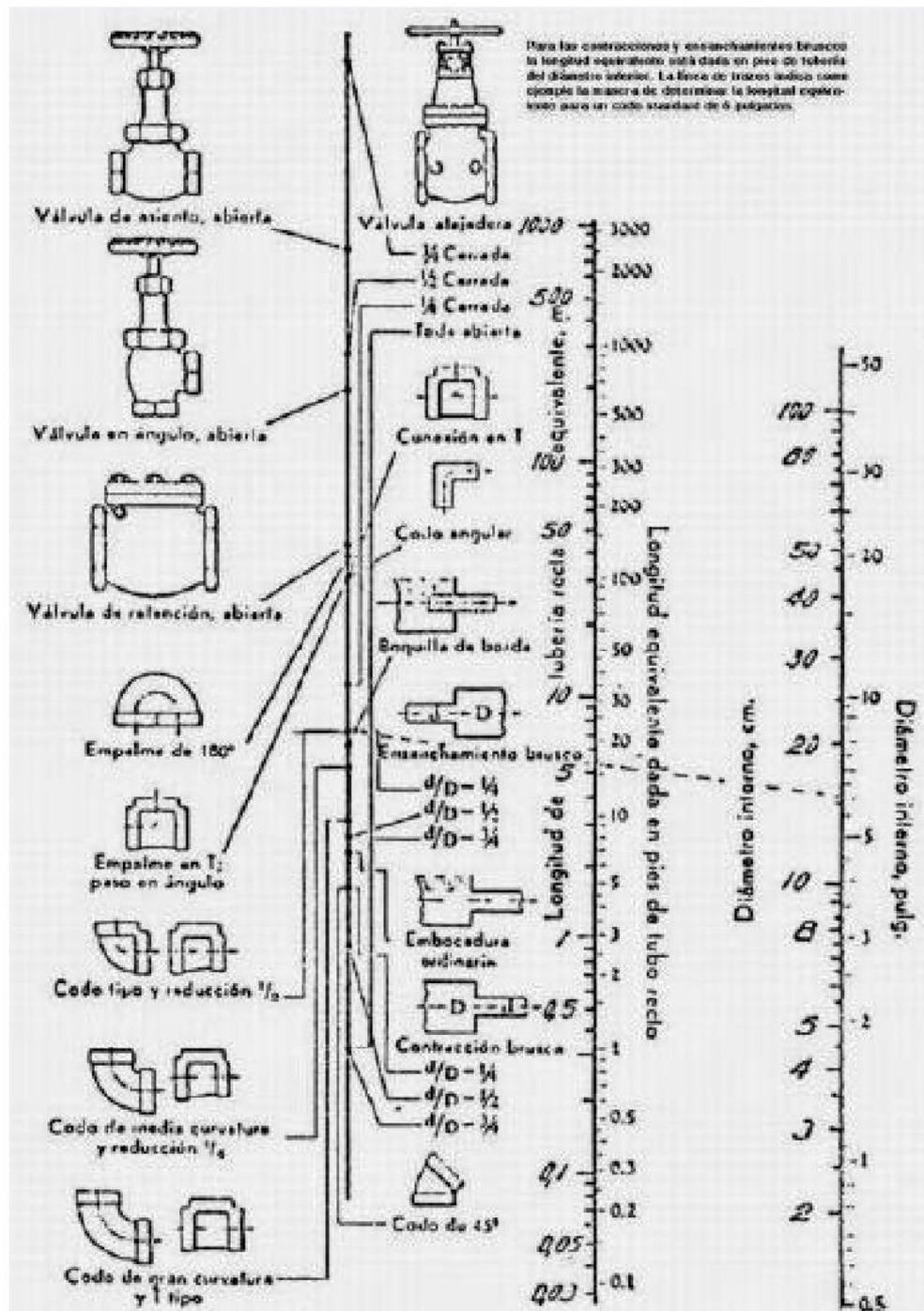


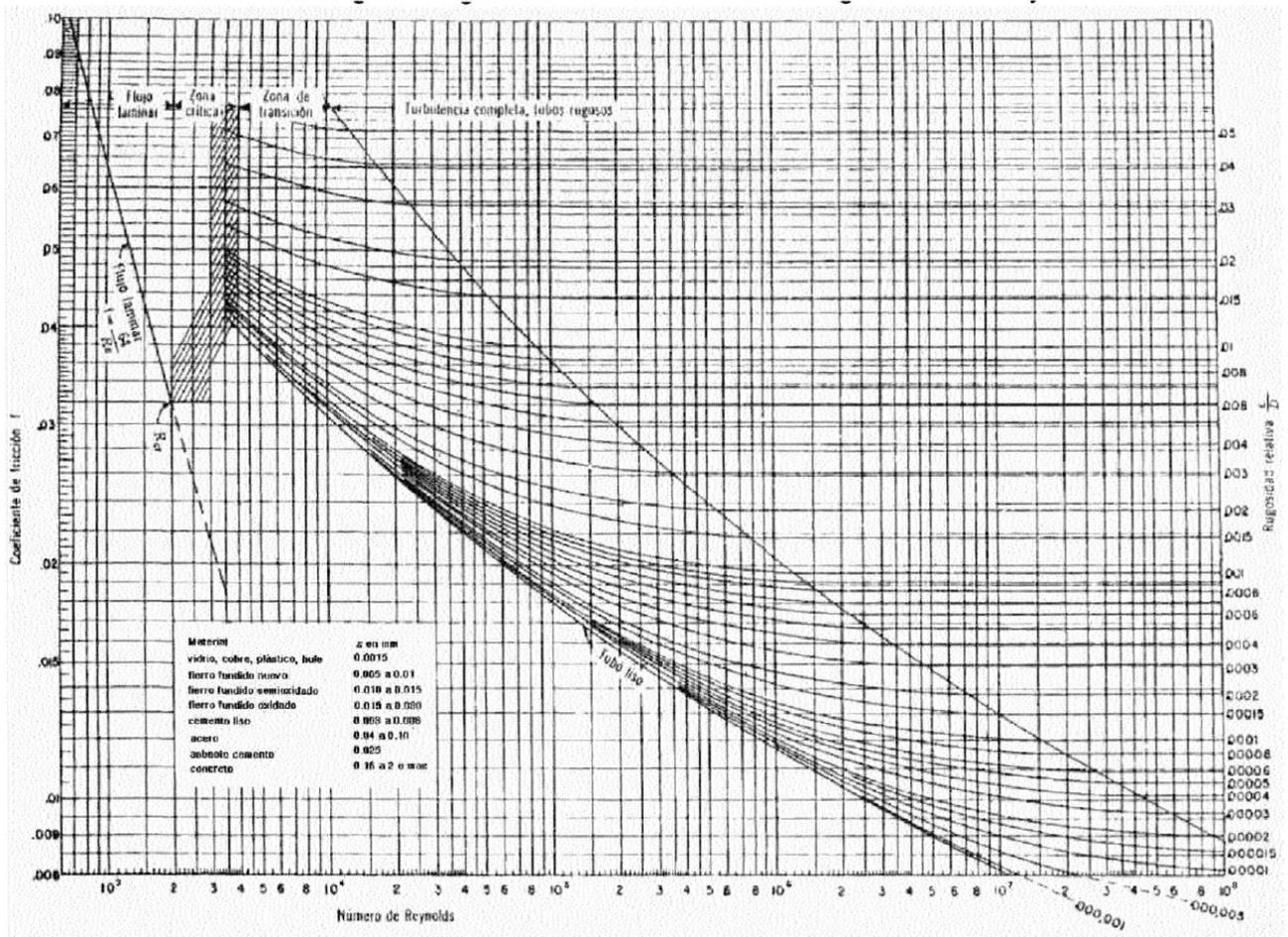
FIG. 1-3.

[Ranald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu, 1994]



Longitud equivalente en pérdidas de carga

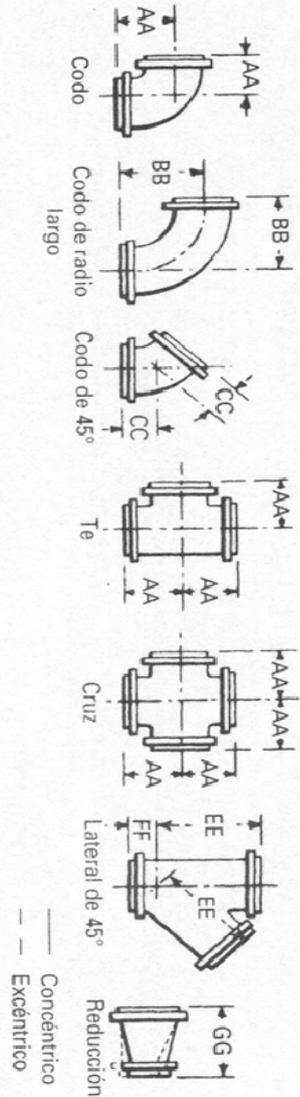
Fuente: Apuntes de la asignatura "Flujo de fluidos y transmisión de calor"



Gráfica de Moody

Fuente: McCabe W.L., Smith J.C., Harriott P. "Operaciones Unitarias en Ingeniería Química" 1999

Dimensiones de accesorios bridados * (Todas las dimensiones en pulgadas)



Tamaño nominal de tubería	ANSI B16.5, clase 150 ANSI B16.1, clase 125						ANSI B16.5, clase 300 ANSI B16.1, clase 250						ANSI B16.5, clase 400						ANSI B16.5, clase 600					
	AA	BB	CC	EE	FF	GG	AA	BB	CC	EE	FF	GG	AA	CC	EE	FF	GG	AA	CC	EE	FF	GG		
1/2																								
3/4																								
1	3.50	5.00	1.75	5.75	1.75	4.50	4.00	5.00	6.50	2.00	4.50	4.50	8.00	6.00	16.75	5.00	9.25	10.00	7.00	19.50	6.00	10.25	5.00	
1 1/4	3.75	5.50	2.00	6.25	1.75	4.50	4.25	5.50	7.25	2.25	4.50	4.50	9.75	6.25	18.75	5.25	11.00	11.00	7.50	21.00	6.50	11.25	5.00	
1 1/2	4.00	6.00	2.25	7.00	2.00	4.50	4.50	6.00	8.50	2.50	4.50	4.50	11.75	6.75	22.25	5.75	12.00	13.00	8.50	24.50	7.00	13.25	5.00	
2	4.50	6.50	2.50	8.00	2.50	5.00	5.00	6.50	9.00	2.50	5.00	5.00	13.25	7.25	25.75	6.25	13.50	15.50	9.50	29.50	8.00	15.75	5.00	
2 1/2	5.00	7.00	3.00	9.50	3.00	5.50	5.50	7.00	10.50	2.50	5.50	5.50	15.00	7.75	29.75	6.50	15.25	16.50	10.00	31.50	8.50	16.75	5.00	
3	5.50	7.75	3.00	10.00	3.00	6.00	6.00	7.75	11.00	3.00	6.00	6.00	16.25	8.00	32.75	7.00	16.50	17.50	10.75	34.25	9.00	17.75	5.00	
3 1/2	6.00	8.50	3.50	11.50	3.00	6.50	6.50	8.50	12.50	3.00	6.50	6.50	17.50	8.25	36.25	8.00	18.50	19.50	11.75	38.50	10.00	19.75	5.00	
4	6.50	9.00	4.00	12.00	3.00	7.00	7.00	9.00	13.50	3.00	7.00	7.00	18.75	8.50	39.25	8.50	19.50	21.50	12.25	42.00	10.50	21.75	5.00	
5	7.50	10.25	4.50	13.50	3.50	8.00	8.00	10.25	15.00	3.50	8.00	8.00	20.75	9.00	42.75	9.00	21.00	23.50	13.00	45.50	11.00	23.75	5.00	
6	8.00	11.50	5.00	14.50	3.50	9.00	8.50	11.50	16.00	4.00	9.00	9.00	22.50	9.25	44.75	9.25	22.50	25.00	14.00	48.00	11.50	25.00	5.00	
8	9.00	14.00	5.50	17.50	4.50	11.00	10.00	14.00	20.50	5.00	11.00	11.00	24.25	9.75	50.25	10.25	24.50	27.50	15.00	53.00	13.00	27.75	5.00	
10	11.00	16.50	6.50	20.50	5.00	12.00	11.50	16.50	24.00	5.50	12.00	12.00	27.50	10.25	50.25	10.75	25.00	30.00	16.50	55.00	13.50	30.00	5.00	
12	11.00	16.50	6.50	20.50	5.00	12.00	11.50	16.50	24.00	5.50	12.00	12.00	27.50	10.25	50.25	10.75	25.00	30.00	16.50	55.00	13.50	30.00	5.00	
14	12.00	19.00	7.50	24.50	5.50	14.00	13.00	19.00	27.50	6.00	14.00	14.00	31.00	10.50	50.25	11.25	26.00	32.00	17.50	57.00	14.00	32.00	5.00	
16	14.00	21.50	7.50	27.00	6.00	16.00	15.00	21.50	31.00	6.50	16.00	16.00	34.50	10.50	50.25	11.75	27.00	34.50	18.50	59.00	14.50	34.50	5.00	
18	15.00	24.00	8.00	30.00	6.50	18.00	16.50	24.00	34.50	7.50	18.00	18.00	37.50	10.75	50.25	12.25	28.00	37.50	19.50	61.00	15.00	37.50	5.00	
20	16.50	26.50	8.50	32.00	7.00	19.00	18.00	26.50	40.50	8.00	19.00	19.00	40.50	11.25	50.25	12.75	29.00	40.50	21.00	63.00	15.50	40.50	5.00	
24	18.00	29.00	9.50	35.00	8.00	20.00	19.50	29.00	47.50	8.50	20.00	20.00	47.50	12.75	50.25	13.25	30.00	47.50	23.50	65.00	16.00	47.50	5.00	
24	22.00	34.00	11.00	40.50	9.00	24.00	22.50	34.00	10.00	10.00	24.00	24.00	50.25	12.75	50.25	13.25	31.00	50.25	25.00	67.00	17.00	50.25	5.00	

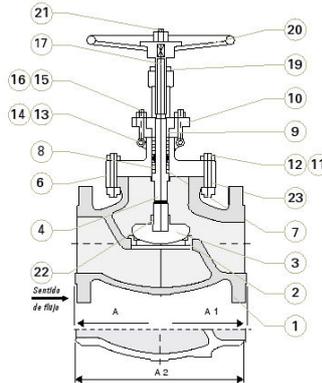
[Ronald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu, 1994]

FICHA TECNICA

VALVULAS



:: VALVULAS GLOBO



- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1 CUERPO | 13 PASADOR |
| 2 ANILLO | 14 TUERCA PASADOR |
| 3 OBTURADOR | 15 TORNILLO DE OJO |
| 4 VASTAGO | 16 TUERCA TORNILLO DE OJO |
| 5 JUNTA | 17 ARANDELA |
| 6 BONETE | 18 LUBRICADOR |
| 7 CONTRACIERRE | 19 BUJE TUERCA |
| 8 EMPAQUETADURA | 20 VOLANTE |
| 9 BUJE PRENSA | 21 TUERCA VOLANTE |
| 10 BRIDA PRENSA | 22 TUERCA OBTURADOR |
| 11 ESPARRAGOS CUERPO - BONETE | 23 PLACA DE IDENTIFICACIÓN |
| 12 TUERCA CUERPO - BONETE | |

INFORMACION

(Diseñadas de acuerdo a ANSI B 16.34 y BS 1873)

Las válvulas globo son unidireccionales, comúnmente son utilizadas como válvulas de regulación. Su robustez y cierre hermético Metal-Metal hacen que éstas válvulas sean adaptables a las más altas exigencias de servicio. La junta cuerpo-bonete, puede ser plana, macho-hembra ó tipo ring-joint, dependiendo de la serie y servicio. El obturador es normalmente del tipo tapón el cual está

guiado para evitar su desalineación. El obturador parabólico, para regulación lineal de flujo, se construye a vuestro pedido para todas las medidas. Los detalles constructivos pueden variar en función de las dimensiones y series.

Para materiales posibles y una completa descripción de una válvula en particular comuníquese con THORSA S.A.

GLOBO SERIE 150 # (Altura del resalte: RF = 1.52 , RJ = 6.35)

DIÁMETRO		NPS	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"
DN			40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
• Extremos	RF	A	165.1	203.2	215.9	241.3	292.1	355.6	406.4	495.3	622.3	698.5	787.4	914.4	939.8	977.9	1295.4
	RJ	A1	177.6	215.7	228.4	253.8	304.6	368.1	418.9	507.8	634.8	723.9	799.9	926.9	952.3	990.4	1307.9
	BW	A2	165.1	203.2	215.9	241.3	292.1	355.6	406.4	495.3	622.3	698.5	787.4	914.4	939.8	977.9	1295.4
• Bridas	Ø EXTERIOR		127	152	178	191	228.6	254	280	343	406	483	533	597	635	698.5	813
	RJ N°		R19	R22	R25	R29	R36	R40	R43	R48	R52	R56	R59	R64	R68	R72	R76
	ESP. S/RESALTE		12.6	14.3	16	17.5	22.3	22.3	23.9	26.9	28.6	30.2	33.4	35	38.1	41.4	46.2
• Volante Ø		180	180	180	254	305	305	305	400	450	560	Accionamiento a engranajes					
• Circ. de agujeros		98.4	120.5	139.5	152.5	190.5	216	241.5	298.5	362	432	476	540	578	635	750	
• Cantidad		4	4	4	4	8	8	8	8	12	12	12	12	16	16	20	20
• Diam. de agujeros		16	19	19	19	19	22	22	22	25	25	29	29	32	32	35	35

GLOBO SERIE 300 # (Altura del resalte: RF = 1.52 , RJ = 7.9)

DIÁMETRO		NPS	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"
DN			40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
• Extremos	RF	A	228.6	266.7	292.1	317.5	355.6	400.	444.5	558.8	622.3	711.2	825.5	952.5	978.	1016.
	RJ	A1	244.5	282.6	308.	333.4	371.5	415.9	460.4	574.7	638.2	727.1	841.4	968.4	993.9	1031.9
	BW	A2	228.6	266.7	292.1	317.5	355.6	400.	444.5	558.8	622.3	711.2	825.5	952.5	978.	1016.
• Bridas	Ø EXTERIOR		155.4	165.1	190.5	210	254	279.4	317.5	381.	444.5	520.7	584.2	647.7	711.2	774.7
	RJ N°		R20	R23	R26	R30	R37	R41	R45	R49	R53	R57	R61	R65	R69	R73
	ESP. S/RESALTE		19	20.8	23.9	26.9	30.2	33.5	35	39.6	46.2	49.2	52.3	55.6	59	62
• Volante Ø		200	200	200	230	250	355	355	405	460	510	660	Accionamiento a engranajes			
• Circ. de agujeros		114.3	127	149	168.5	200.1	234.9	269.8	330.2	387.4	450.9	514.4	571.5	628.6	685.8	
• Cantidad		4	8	8	8	8	8	8	12	12	16	16	20	20	24	24
• Diam. de agujeros		22	19	22	22	22	22	22	22	25	28	32	32	35	35	35

FICHA TECNICA

VALVULAS

VALVULAS GLOBO •

GLOBO SERIE 600 # (Altura del resalte: RF = 6.35 , RJ = 7.9)

DIÁMETRO	NPS DN	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
		40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
• Extremos	RF A	--	292.1	330.2	355.6	431.8	--	558.8	660.4	787.4	838.2
	RJ A1	--	295.3	333.4	358.8	435	--	562	663.6	790.6	841.4
	BW A2	--	292.1	330.2	355.6	431.8	--	558.8	660.4	787.4	838.2
• Bridas	Ø EXTERIOR	--	165.1	190.5	210	273	--	355.6	419.1	508	558.8
	RJ N°	--	R23	R26	R30	R37	--	R45	R49	R53	R57
	ESP. S/RESALTE	--	25.4	28.5	31.8	38.1	--	47.8	55.7	63.5	66.6
• Volante Ø		--	200	250	300	350	--	450	550	700	760
• Circ. de agujeros		--	127	149.4	168.2	215.9	--	292.1	349.3	431.8	489
• Cantidad		--	8	8	8	8	--	12	12	16	20
• Diam. de agujeros		--	19	22	22	25	--	28	32	35	35

GLOBO SERIE 900 # (Altura del resalte: RF = 6.35 , RJ = 7.9)

DIÁMETRO	NPS DN	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
		40	50	65	80	100	125	150	200	250	3
• Extremos	RF A	--	368.3	419.1	381	457.2	--	609.6	736.6	838.2	965.2
	RJ A1	--	371.5	422.3	384.2	460.4	--	612.8	739.8	841.4	968.4
	BW A2	--	368.3	419.1	381	457.7	--	609.6	736.6	838.2	965.2
• Bridas	Ø EXTERIOR	--	215.9	244.3	241.3	292.1	--	381	469.9	546.1	609.6
	RJ N°	--	R24	R27	R31	R37	--	R45	R49	R53	R57
	ESP. S/RESALTE	--	38.1	41.2	38.1	44.5	--	55.7	63.5	69.9	79.2
• Volante Ø		--	300	300	400	450	--	550	600	700	800
• Circ. de agujeros		--	165.1	190.5	190.5	235	--	317.5	393.7	469.9	533.4
• Cantidad		--	8	8	8	8	--	12	12	16	20
• Diam. de agujeros		--	25.4	28.6	25.4	31.7	--	31.7	38.1	38.1	38.1

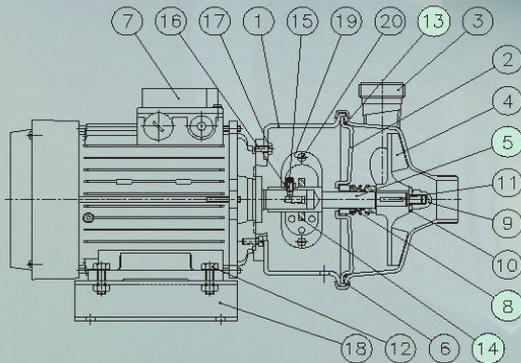
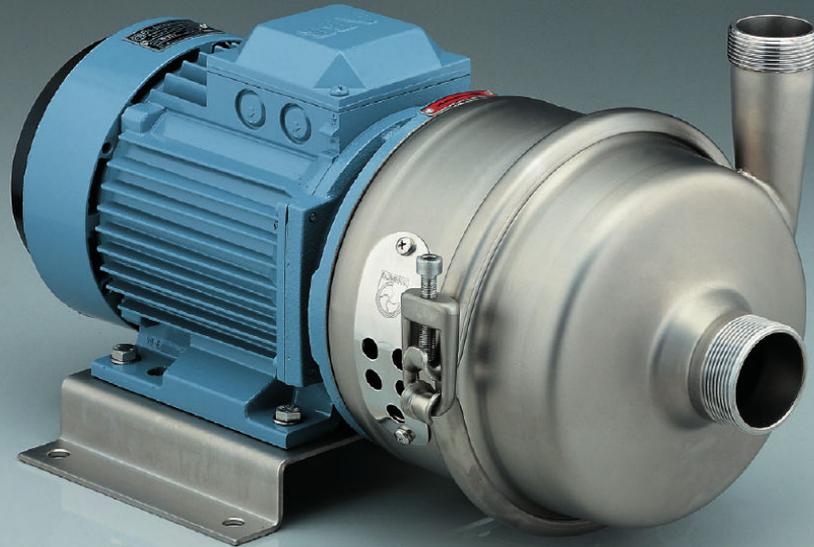
GLOBO SERIE 1500 # (Altura del resalte: RF = 6.35 , RJ = 7.9)

DIÁMETRO	NPS DN	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"
		40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
• Extremos	RF A	--	368.3	419.1	469.9	546.1	--	704.9	831.9	--	--
	RJ A1	--	371.5	422.3	473.1	549.3	--	711.2	841.4	--	--
	BW A2	--	368.3	419.1	469.9	546.1	--	704.9	831.9	--	--
• Bridas	Ø EXTERIOR	--	215.9	244.3	266.7	311.2	--	393.7	482.6	--	--
	RJ N°	--	R24	R27	R35	R39	--	R46	R50	--	--
	ESP. S/RESALTE	--	38.1	41.1	47.8	53.8	--	82.6	91.9	--	--
• Volante Ø		--	300	350	500	500	--	600	700	--	--
• Circ. de agujeros		--	165.1	190.5	203.2	241.3	--	317.5	393.7	--	--
• Cantidad		--	8	8	8	8	--	12	12	--	--
• Diam. de agujeros		--	25.4	28.4	31.8	35.1	--	38.1	44.5	--	--



Bomba centrífuga monobloc
Monobloc centrifugal pump

MINOX-01



NOMENCLATURA

- 1 - Brida
- 2 - Tapa
- 3 - Cuerpo
- 4 - Turbina
- 5 - Eje
- 6 - Abrazadera
- 7 - Motor
- 8 - Cierre mecánico
- 9 - Tuercas ciegas
- 10 - Arandela
- 11 - Cheveta
- 12 - Tornillo
- 13 - Junta tórica
- 14 - Paragotas
- 15 - Prisionero
- 16 - Tuerca
- 17 - Tornillo
- 18 - Banchada
- 19 - Protector
- 20 - Tornillo

NOMENCLATURE

- 1 - Flange
- 2 - Cover
- 3 - Body
- 4 - Impeller
- 5 - Shaft
- 6 - Clamp
- 7 - Motor
- 8 - Mechanical seal
- 9 - Cap nut
- 10 - Washer
- 11 - Key
- 12 - Screw
- 13 - O-ring
- 14 - Splash protection
- 15 - Sotscrew
- 16 - Nut
- 17 - Screw
- 18 - Base
- 19 - Protector
- 20 - Screw

NOTA: Las piezas de recambio recomendadas están coloreadas. / NOTE: The recommended spare parts are coloured in.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Caudal..... Q = 1 a 150 m³/h
 Altura manométrica..... H = 5 a 100 mca
 Motores..... P = 0.5 a 30 hp
 (0.37 a 22 kW)
 Temperatura..... T = 100°C
 (clorre esp. 130°C)
 Material..... AISI-316L

DESCRIPCIÓN

Bomba centrífuga monobloc para líquidos en carga.

PATENTADA (Modelo Utilidad Nº 286465). La bomba MINOX-01 es el resultado de la investigación y desarrollo de BOMINOX durante 25 años en el campo de las bombas estampadas. Esta patente recoge el principio de la separación de la bomba en tres piezas estampadas: Cuerpo, Tapa y Brida, y su posterior unión mediante una abrazadera u otro sistema alternativo, lo que facilita el montaje, desmontaje y mantenimiento.

La bomba MINOX-01 es la bomba centrífuga monobloc más dimensionada, con una gama más amplia, mayores posibilidades de utilización, múltiples aplicaciones específicas y mayor facilidad de mantenimiento.

-Cuerpo orientable de acero inoxidable,

embutido en frío, espesor de 3 a 8 mm, según modelo, pulido mate.

-Tapa desmontable, embutida en frío, espesor 3 a 8 mm, según modelo.

-Brida de acero inoxidable embutida en frío, espesor 3 a 8 mm según modelo, pulido mate.

-Turbina semibloqueada, obtenida mediante proceso de microfusión. Posible turbina cerrada para aumentar rendimiento y disminuir NPSH. Posible turbina de tubos.

-Eje intercambiable, independiente del motor.

-Cierre mecánico simple Interior Burgmann. Posible otros tipos. Opcional doble refrigerado Contrapresión o Tandem para líquidos sucios, abrasivos, pegajosos, muy calientes o para trabajar con vacío.

-Banchada estampada de inoxidable.

-Abrazadera de desmontaje rápido, con tornillo de seguridad. Posible Aros seguridad atornillados (estándar en M-411/421).

-Protector seguridad brida CE inoxidable.

-Motor IEC IP-55 (posible EEX).

Equipada con roscas GAS O DIN-11851 (posible SMS, FIL, CLAMP, ENOLÓGICA, BRIDAS, etc).

APLICACIONES

Agua, cervezas, vinos, zumos, jarabes, sueros, etc.
 Ácidos, sales, disolventes, etc.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Flow rate..... Q = 1 to 150 m³/h
 Total head..... H = 5 to 100 mhp
 Motors..... P = 0.5 to 30 hp
 (0.37 to 22 kW)
 Temperature..... T = 100°C
 (special seal 130°C)
 Material..... AISI-316L

DESCRIPTION

Monobloc centrifugal pump for transferring liquids.

PATENTED (Utility Model No 286465): The MINOX-01 pump is the result of 25 years of BOMINOX research and development into the field of pressed pumps. This patent covers the principle of separating the pump into three pressed parts: body, cover and flange, with posterior joining by means of a clamp or other alternative system, which makes for easy assembly, removal and maintenance.

The MINOX-01 is the pump with the largest size, the widest range, greatest usage possibilities, for multiple specific applications and ease of maintenance.

-Adjustable, cold pressed stainless steel body, 3 to 8 mm thickness according to model, matt finish.
 -Removable, cold pressed cover, 3 to 8 mm

thickness according to model.

-Cold pressed stainless steel flange, 3 to 8 mm thickness according to model, matt finish.

-Semi-open impeller, obtained through a micro-fusion process. Optional closed impeller to increase performance and reduce NPSH. Optional tube impeller.

-Replaceable shaft, independent of the motor.

-Single internal mechanical seal, Burgmann type. Other types possible. Optional Counter-pressure or Tandem cooling for dirty, abrasive, sticky or very hot liquids or when working with vacuums.

-Pressed stainless steel base.

-Quick-release clamp, with safety screw. Screwed safety rings possible (standard in M-411/421).

-Stainless steel CE flange safety protector.

-Motor IEC IP-55 (possible EEX).

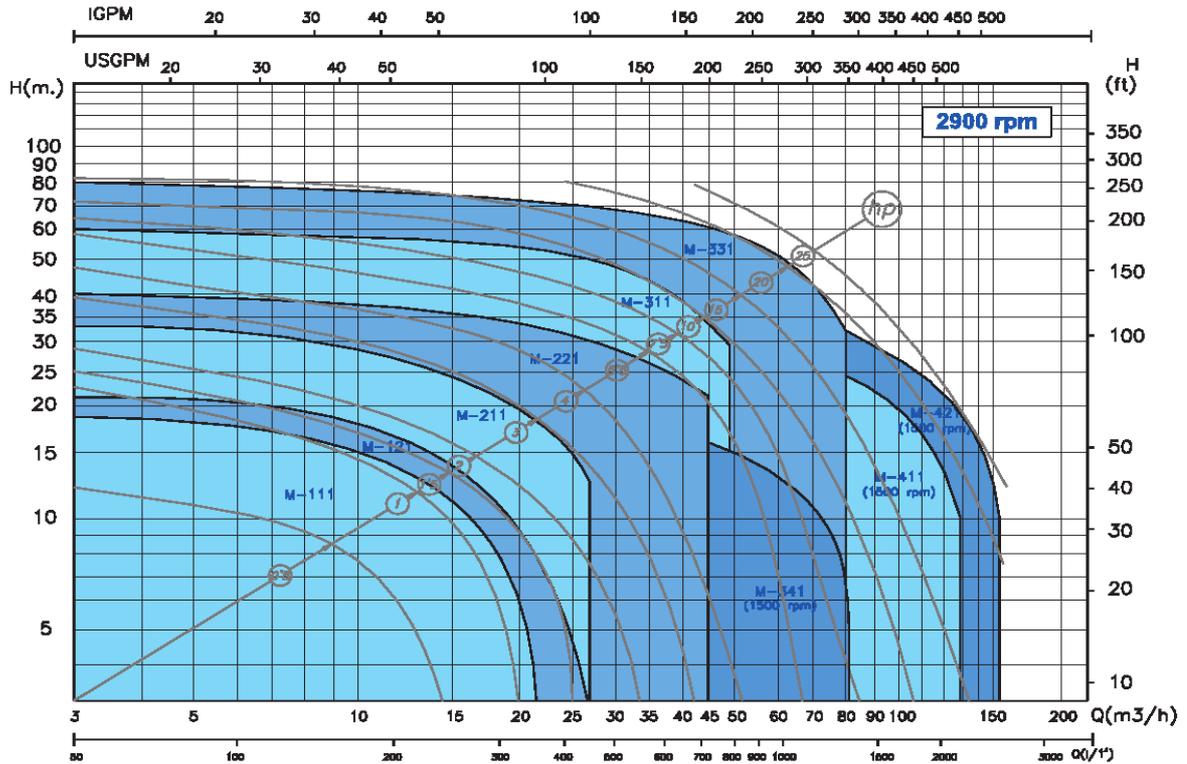
Fitted with GAS or DIN-11851 threads (possible SMS, FIL, CLAMP, ENOLOGICAL, FLANGES etc).

APPLICATIONS

Water, beer, wine, juices, syrups and whey etc.
 Acids, salts and solvents etc.

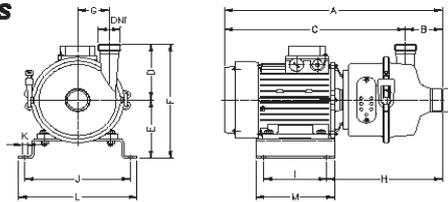
E
 GB
 AS

■ CURVAS CARACTERÍSTICAS / CHARACTERISTIC CURVES



NOTA: Estas curvas se entienden para líquido no viscoso de densidad 1 cST. / NOTE: The curves are understood to be for non-viscous liquids with a density of 1 cST.

■ DIMENSIONES / DIMENSIONS



TIPO / TYPE	MOTOR / MOTOR				DIMENSIONES / DIMENSIONS (mm)														PESO / WEIGHT (kg)	
	TAMAÑO / SIZE	hp	kW	rpm	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	DNa		DNI
M-0	71	0.5-0.75	0.37-0.55	3000	327	44	283	80	71	161	40	164	90	112	7	135	112	GAS 1 1/4" NW-32	GAS 1" NW-25	7.5-8.5
M-111	71	0.5-0.75	0.37-0.55	3000	387	70	317	115	111	226	60	222	95	180	9	205	125	GAS 1 1/2" NW-40	GAS 1 1/2" NW-32	12-13
	80	1-1.5	0.75-1.1		413		343		120	235		219	120	200		225	150	15-16		
M-121	80	1-1.5	0.75-1.1	3000	408	85	343	140	120	280	118	214	120	200	9	226	160	GAS 2" NW-50	GAS 1 1/2" NW-40	15-16
	90	2-3	1.5-2.2		444		379		130	270		225	135	225		11	255	170	21-23	
M-211	90	2-3	1.5-2.2	3000	482	75	407	155	130	285	85	263	135	225	11	255	170	GAS 2" NW-50	GAS 1 1/2" NW-40	26-28
	100	4	3		498		62		438	170		140	310	257		150	280	13	285	185
M-221	112	5.5	4	3000	500	85	438	170	162	332	118	257	165	285	13	320	200	GAS 2 1/4" NW-65	GAS 2" NW-50	42.5
	112	5.5	4		571		476		182	352		328	165	285		320	200	GAS 2 1/4" NW-65	GAS 2" NW-50	58
M-311	132S	7.5-10	5.5-7.5	3000	637	95	542	190	182	372	118	348	200	335	13	370	250	GAS 2 1/4" NW-65	GAS 2" NW-50	75.5-85
	160M	15-20	11-15		788		688		210	415		405	250	400		434	340	131-134		
M-331	160L	25	18.5	3000	829	90	739	250	210	415	118	405	250	400	13	434	340	NW-80	NW-65	146
	180M	30	22		885		775		230	435		404	290	445		490	380	175		
M-341	100	3-4	2.2-3	1500	559	85	474	206	140	345	118	318	150	260	13	295	185	NW-100	NW-65	51-54
	112	6.5	4		581		476		182	367		318	185	285		320	200	81		
M-411	132S/M	7.5-10	5.5-7.5	1500	627	85	542	250	182	387	118	338	200	335	13	370	250	NW-100	NW-80	73-82
	132S/M	7.5-10	5.5-7.5		669		569		182	432		380	200	335		370	250	103-113		
M-411	160M	16	11	1500	795	100	695	250	210	480	118	412	250	400	13	434	340	NW-100	NW-80	134
	160L	20	15		836		736		210	480		412	250	400		434	340	149		
M-421	180M/L	26-30	18.5-22	1500	872	80	772	250	230	480	118	411	290	445	16	490	380	NW-125	NW-100	198-223
	160M	15	11		775		695		210	460		382	250	400		434	340	137		
M-421	180L	20	16	1500	816	80	736	250	210	480	118	392	250	400	13	434	340	NW-125	NW-100	152
	180M/L	25-30	18.5-22		852		772		230	480		391	290	445		15	490	380	201-216	



Bominox, S.A.
Ctra. Banyoles, km.14
17844 Cornellà de Terri (Girona) Spain
Apart.123 Banyoles

Tel. 34 972 59 50 20
Fax 34 972 59 51 20
E-mail: info@bominox.com
www.bominox.com

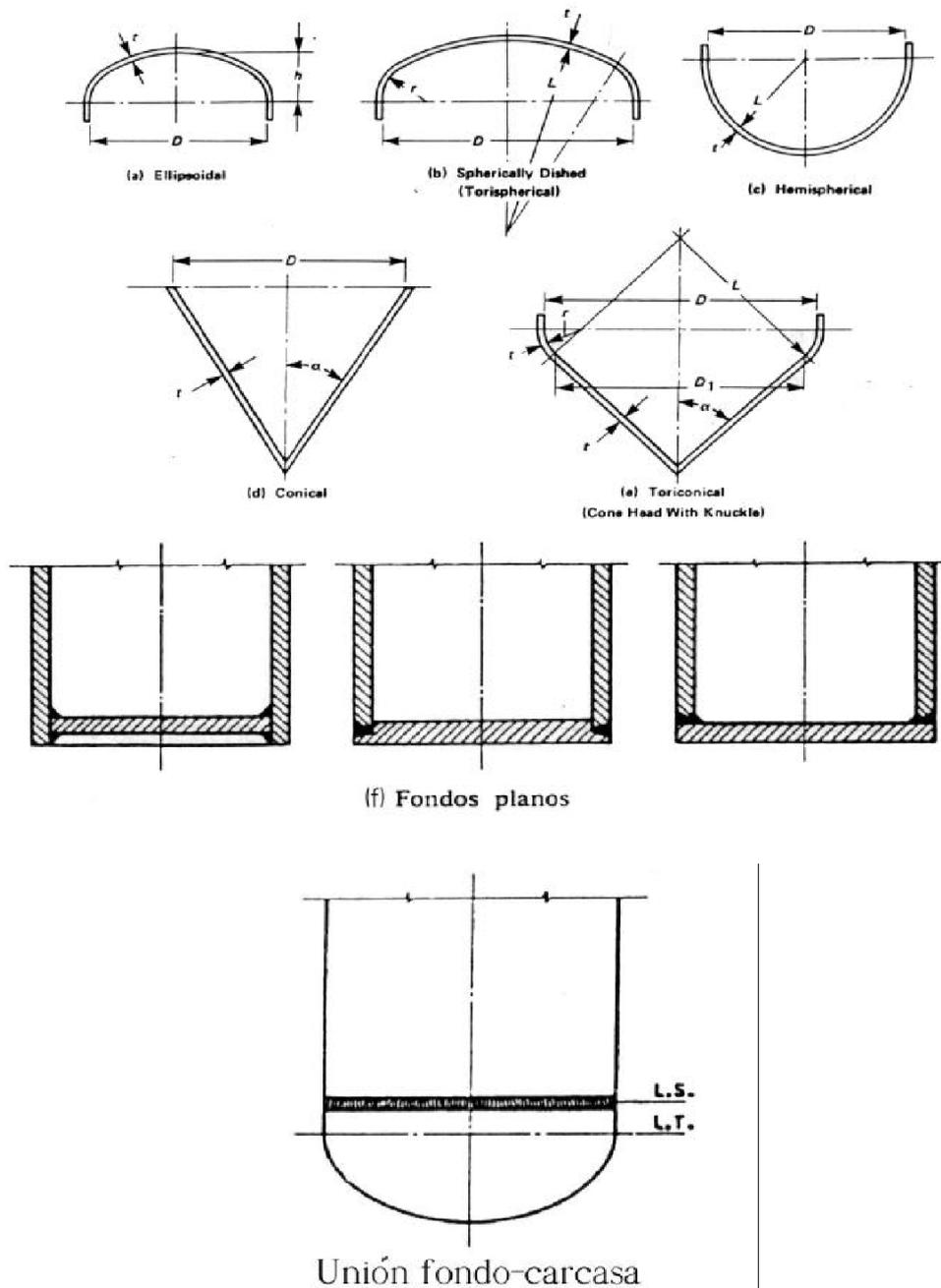
Temp. <i>T</i> °C	Presión de vapor p_{A^*} kg/cm ²	Volumen específico, m ³ /kg		Entalpia, kcal/kg		
		Líquido $v_x \times 10^3$	Vapor v_y	Líquido H_x	Calor latente λ	Vapor sat. H_y
0	0,00623	1,00013	206,3	0,00	595,4	595,40
2	0,00719	1,00007	180,0	2,02	594,4	596,42
4	0,00829	1,00000	157,2	4,03	593,3	597,33
6	0,00953	1,00003	137,7	6,04	592,3	598,34
8	0,01093	1,00012	120,9	8,05	591,2	599,25
10	0,01252	1,00027	106,3	10,06	590,2	600,26
12	0,01429	1,00049	93,7	12,06	589,1	601,16
14	0,01629	1,00073	82,9	14,06	588,1	602,16
16	0,01852	1,00103	73,3	16,06	587,0	603,06
18	0,02102	1,00138	65,1	18,06	585,9	603,96
20	0,02381	1,00177	57,8	20,06	584,9	604,96
22	0,02691	1,00221	51,5	22,06	583,9	605,96
24	0,03035	1,00268	45,92	24,06	582,8	606,86
26	0,03417	1,00320	41,05	26,05	581,8	607,85
28	0,03841	1,00375	36,74	28,05	580,7	608,75
30	0,04311	1,00435	32,95	30,04	579,6	609,64
32	0,04830	1,00497	29,62	32,04	578,6	610,64
34	0,05404	1,00563	26,62	34,03	577,4	611,43
36	0,06037	1,00633	23,98	36,03	576,4	612,43
38	0,06731	1,00706	21,65	38,02	575,3	613,32
40	0,07495	1,00782	19,57	40,02	574,2	614,22
42	0,08334	1,00861	17,69	42,01	573,1	615,11
44	0,09252	1,00943	16,01	44,01	571,9	615,91
46	0,10256	1,01028	14,54	46,00	570,8	616,80
48	0,11353	1,01116	13,21	48,00	569,6	617,60
50	0,12549	1,01207	12,02	49,99	568,4	618,39
55	0,16023	1,01448	9,56	54,98	565,6	620,58
60	0,20284	1,01705	7,66	59,97	562,8	622,77
65	0,2547	1,01979	6,19	64,98	559,9	624,88
70	0,3175	1,02270	5,04	69,98	556,9	626,88
75	0,3929	1,02576	4,130	74,99	554,0	628,99
80	0,4828	1,02899	3,404	80,01	551,1	631,11
85	0,5894	1,03237	2,824	85,04	548,1	633,14
90	0,7149	1,03590	2,358	90,07	544,9	634,97
95	0,8620	1,03959	1,980	95,11	541,9	637,01
100	1,0333	1,04343	1,671	100,2	538,7	638,9
105	1,2319	1,0475	1,419	105,2	535,6	640,8

Propiedades del vapor de agua saturado y del agua (continuación)

Temp. <i>T</i> °C	Presión de vapor p_{A^*} kg/cm ²	Volumen específico, m ³ /kg		Entalpia, kcal/kg		
		Líquido $v_x \times 10^3$	Vapor v_y	Líquido H_x	Calor latente λ	Vapor sat. H_y
110	1,4608	1,0515	1,209	110,3	532,3	642,6
115	1,7238	1,0557	1,036	115,3	528,9	644,2
120	2,0243	1,0601	0,8914	120,4	525,6	646,0
125	2,3663	1,0644	0,7698	125,5	522,1	647,6
130	2,7540	1,0693	0,6677	130,6	518,6	649,2
135	3,1916	1,0741	0,5812	135,7	515,1	650,8
140	3,684	1,0794	0,5081	140,8	511,5	652,3
145	4,236	1,0846	0,4457	145,9	507,8	653,7
150	4,852	1,0902	0,3921	151,0	504,1	655,1
155	5,538	1,0960	0,3463	156,2	500,3	656,5
160	6,300	1,1019	0,3063	161,3	496,5	657,8
165	7,142	1,1081	0,2729	166,5	492,6	659,1
170	8,071	1,1145	0,2423	171,6	488,7	660,3
175	9,094	1,1208	0,2164	176,8	484,7	661,5
180	10,216	1,1279	0,1941	181,9	480,6	662,5
185	11,444	1,1353	0,1740	187,1	476,6	663,7
190	12,786	1,1429	0,1565	192,3	472,3	664,6
195	14,247	1,1502	0,1411	197,5	468,1	665,6
200	15,835	1,1590	0,1274	202,7	463,8	666,5
205	17,558	1,1675	0,1153	207,9	459,4	667,3
210	19,428	1,177	0,1044	213,1	455,0	668,1
215	21,452	1,185	0,0947	218,3	450,6	668,9
220	23,639	1,195	0,0860	223,5	446,0	669,5

Fuente: McCabe W.L., Smith J.C., Harriott P. "Operaciones Unitarias en Ingeniería Química" 1999

3. DISEÑO DE TANQUES (figuras tomadas de Norma ANSI, cálculo de aparatos a presión)



DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS



Las juntas designadas por las mismas letras están sujetas a las mismas condiciones y tienen los mismos requisitos.

Tales requisitos, relacionados con el servicio, material, espesor y otras condiciones de diseño se indican a continuación.

CONDICION DE DISEÑO	TIPO DE SOLDADURA	EXAMEN RADIOGRAFICO	EFICIENCIA DE JUNTA	TRATAMIENTO TERMICO DESPUES DE LA SOLDADURA
1. El diseño del recipiente a presión se basa en una eficiencia de junta de 1,0 Norma UW-11 (a) (5)	<p>Juntas A y D.</p> <p>Las juntas A y B (roblonado transversal únicamente) deben ser del tipo No. (1) ó (2)</p> <p>Las juntas B y C deben ser a tope UW-11 (a) (5) (b)</p> <p>Las juntas a tope B y C en boquillas y pasos a cámaras menores de 10 pulg de diámetro nominal y espesor de pared menor de 1 1/8 de pulg no requieren de examen radiográfico, excepto para el acero ferrítico cuyas propiedades a la tensión mejoran con tratamiento térmico UHT-57</p>	<p>Completo</p> <p>Completo por zonas</p> <p>No</p> <p>Parcial</p> <p>(la totalidad de la soldadura es aceptable por el examen radiográfico parcial) UW-51(c)(1)</p>	<p>1.0</p> <p>Tipo (1) (Tipo (2))</p> <p>1.0 0.90</p> <p>0.85 0.80</p> <p>0.70 0.65</p> <p>0.85 Tipo (1),</p> <p>0.80 Tipo (2),</p> <p>La eficiencia de roblonado transversal puede regir únicamente cuando cargas complementarias, como el viento, etc., producen flexión longitudinal o tensión en las juntas con presión interna.</p>	Por la norma UCS-56
2. Recipientes a presión en los que el examen radiográfico completo no es obligatorio UW-11(b)	Todas las juntas a tope deben ser del tipo No. (1) o No. (2) UW-11(b)	<p>Juntas a tope examinadas por zonas UW-12(b)</p> <p>Las secciones de recipientes sin costura y las cabezas con juntas B, C o D, deben diseñarse para esfuerzo circunferencial con un valor de esfuerzo del material del 85%</p>	0.85 Tipo No. (1) 0.80 Tipo No. (2)	Por la norma UCS-56

DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS (CONT.)				
CONDICION DE DISEÑO	TIPO DE SOLDADURA	EXAMEN RADIOGRAFICO	EFICIENCIA DE JUNTA	TRATAMIENTO TERMICO DESPUES DE LA SOLDADURA
3. El recipiente se diseña para presión externa únicamente o el diseño está basado en UW-12(c) (ver tabla).	Cualquier junta soldada UW-11(c).	No se requiere examen radiográfico.	0.70 Tipo (1) 0.65 Tipo (2) 0.60 Tipo (3) 0.55 Tipo (4) 0.50 Tipo (5) 0.45 Tipo (6) En todos los demás cálculos de diseño se usará el 80% del valor de esfuerzo del material.	Por la norma UCS-56.
4. Recipientes que contengan sustancias tóxicas y peligrosas UW-2(a).	Las juntas A serán del tipo (1). UW-2(a)(1)(a). Las juntas B y C serán del tipo No. (1) o No. (2) UW-2(a)(1)(b). Las juntas D llevarán soldadura de penetración total a través de todo el espesor de la pared del recipiente o la boquilla UW-2(a)(1)(c).	Completo Todas las juntas a tope en cascos y cabezas deben examinarse radiográficamente por completo, excepto los tubos de intercambiadores y los intercambiadores UW-2(a)(2), (3) y UW-11(a)(4)	1.0 1.0 0.9*	Los recipientes fabricados de aceros al carbón o con bajo contenido de elementos de aleación deben tratarse térmicamente después de haberse soldado, UW-2(c).
5. Los recipientes que operen a menos de - 20°F se requiere prueba de impacto del material o del metal de aporte UW-2(b)	Las juntas A serán del tipo No. (1) (excepto para acero inoxidable 304) Las juntas B serán del tipo No. (1) o del No. (2), UW-2(b) (1) y (2) Las juntas C llevarán soldaduras de penetración completa que se extiendan a toda la sección de la junta. Las juntas D llevarán soldaduras de penetración completa que se extiendan por toda la sección de la junta UW-2(b) (2) y (3)	Completo Por zonas No	Tipo (1) Tipo (2) 1.0 0.90 0.85 0.80 0.70 0.65	Por la norma UCS-56.
6. Calderas con presión de diseño mayor de 50 lb/pulg ²	Las juntas A serán del tipo No. (1) Las juntas B serán del tipo No. (1) o (2) UW-2(c)	Todas las juntas a tope en cascos y cabezeras deben ser radiografiadas por completo excepto cuando así lo indican las normas UW-11 (a) (4) UW-2(c)	1.0 1.0 Tipo (1) 0.9 Tipo (2)	Los recipientes fabricados con acero al carbono o de acero con bajo contenido de elementos de aleación deberán tratarse térmicamente después de haberse soldado. UW-2(c).

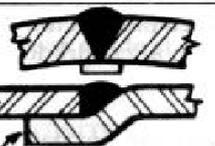
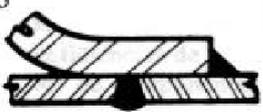
DISEÑO DE JUNTAS SOLDADAS (CONT.)				
CONDICION DE DISEÑO	TIPO DE SOLDADURA	EXAMEN RADIOGRAFICO	EFICIENCIA DE LA JUNTA	TRATAMIENTO TERMICO DESPUES DE LA SOLDADURA
7. Recipientes a presión sujetos a fuego directo	Las juntas A serán del tipo No (1) Las juntas B serán del tipo No. (1) o No. (2) cuando el espesor sea mayor de 5/8 de pulg UW-2(d)	Completo Por zonas No	Tipo (1) Tipo (2) 1.0 0.90 0.85 0.80 0.70 0.65	Cuando el espesor en las juntas soldadas en aceros al carbono (P-No. 1) sea mayor de 5/8 de pulg, así como cualquier espesor para aceros con bajo contenido de elementos de aleación (diferentes del P-No. 1), es obligatorio el tratamiento térmico después de la soldadura.
8. Soldadura de electroescoria.	Todas las soldaduras a tope UW-11(a)(6) Cualquier soldadura	Completo Examen por ultrasonido en lugar de radiografiado	1.0 Tipo (1) 0.9 Tipo (2)	Por código UCS-56
9. Cierre final de recipientes	Cualquier tipo de soldadura UW-11(a)(7)	Completo Examen por ultrasonido cuando la construcción impide el radiografiado.	1.0 Tipo (1) 0.9 Tipo (2)	Por código UCS-56

Valores de la eficiencia de la junta, E, y esfuerzo admisible, S*

Grado de la radiografía	Caso 1				Caso 2				Caso 3				Caso 4			
	Cabezal sin costura		Casco sin costura		Cabezal sin costura		Casco soldado		Cabezal soldado		Casco sin costura		Cabezal soldado		Casco soldado	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Total (RT-1)	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%
Punto (RT-3)	1.0	85%	1.0	85%	1.0	85%	.85	100%	.85	100%	1.0	85%	.85	100%	.85	100%
Combinación**	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	.85	100%	1.0	100%	1.0	100%	1.0	100%	.85	100%
Ninguna	1.0	80%	1.0	80%	1.0	80%	.7	100%	.7	100%	1.0	85%	.7	100%	.7	100%

* Véase nota 1
 ** Véase nota 2

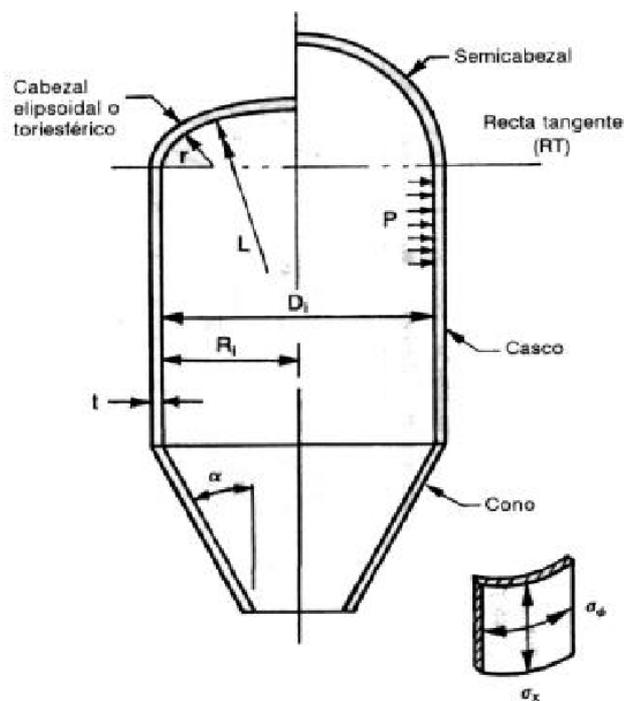
Notas

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS				
TIPOS NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA JUNTA, E		
		Cuando la junta es:		
		a. Radiogra- fiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
1	 <p>Junta a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
2	 <p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar En juntas circunferenciales únicamente</p>	0.90	0.80	0.65
3	 <p>Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo</p>	—	—	0.60
4	 <p>Junta a traslape de doble filete completo</p>	—	—	0.55
5	 <p>Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón</p>	—	—	0.50
6	 <p>Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón</p>	—	—	0.45

Fórmulas generales para recipientes

Parte	Fórmula del esfuerzo	Espesor, t		Presión, P		Esfuerzo, S	
		Diámetro interior	Diámetro exterior	Diámetro interior	Diámetro exterior	Diámetro interior	Diámetro exterior
Casco							
Longitudinal [Sección UG-27(c)(2)]*	$\sigma_x = \frac{PR_m}{2t}$	$\frac{PR_i}{2SE + .4P}$	$\frac{PR_o}{2SE + 1.4P}$	$\frac{2SEt}{R_i - .4t}$	$\frac{2SEt}{R_o - 1.4t}$	$\frac{P(R_i - .4t)}{2Et}$	$\frac{P(R_o - 1.4t)}{2Et}$
Circunferencial [Sección UG-27(c)(1); Sección 1-1 (a)(1)]*	$\sigma_\phi = \frac{PR_m}{t}$	$\frac{PR_i}{SE - .6P}$	$\frac{PR_o}{SE + .4P}$	$\frac{SEt}{R_i + .6t}$	$\frac{SEt}{R_o - .4t}$	$\frac{P(R_i + .6t)}{Et}$	$\frac{P(R_o - .4t)}{Et}$
Cabezales							
Semisférico [Sección 1-1(a)(2); Sección UG-27(d)]*	$\sigma_x = \sigma_\phi = \frac{PR_m}{2t}$	$\frac{PR_i}{2SE - .2P}$	$\frac{PR_o}{2SE + .6P}$	$\frac{2SEt}{R_i + .2t}$	$\frac{2SEt}{R_o - .6t}$	$\frac{P(R_i + .2t)}{2Et}$	$\frac{P(R_o - .6t)}{2Et}$
Elipsoidal [Sección 1-4(c)]*	Véase PROCEDIMIENTO 2	$\frac{PD_i K}{2SE - .2P}$	$\frac{PD_o K}{2SE + 2P(K - .1)}$	$\frac{2SEt}{KD_i + .2t}$	$\frac{2SEt}{KD_o - 2t(K - .1)}$	Véase PROCEDIMIENTO 2	
2:1 SE [Sección UG-32(d)]*		$\frac{PD_i}{2SE - .2P}$	$\frac{PD_o}{2SE + 1.6P}$	$\frac{2SEt}{D_i + .2t}$	$\frac{2SEt}{D_o - 1.6t}$		
100% - 6% Toriéstérica [Sección UG-32(e)]*		$\frac{.885PL_i}{SE - .1P}$	$\frac{.885PL_o}{SE + .6P}$	$\frac{SEt}{.885L_i + .1t}$	$\frac{SEt}{.885L_o - .6t}$		
Toriéstérica $\frac{L}{r} < 16.66$ [Sección 1-4(d)]*		$\frac{PLM}{2SE - .2P}$	$\frac{PL_o M}{2SE + P(M - .2)}$	$\frac{2SEt}{LM + .2t}$	$\frac{2SEt}{L_o M - t(M - .2)}$		
Cone							
Longitudinal	$\sigma_x = \frac{PR_m}{2t \cos \alpha}$	$\frac{PD_i}{4 \cos \alpha (SE + .4P)}$	$\frac{PD_o}{4 \cos \alpha (SE + 1.4P)}$	$\frac{4SEt \cos \alpha}{D_i - .8t \cos \alpha}$	$\frac{4SEt \cos \alpha}{D_o - 2.8t \cos \alpha}$	$\frac{P(D_i - .8t \cos \alpha)}{4Et \cos \alpha}$	$\frac{P(D_o - 2.8t \cos \alpha)}{4Et \cos \alpha}$
Circunferencial [Sección 1-4(e); Sección UG-32(g)]*	$\sigma_\phi = \frac{PR_m}{t \cos \alpha}$	$\frac{PD_i}{2 \cos \alpha (SE - .6P)}$	$\frac{PD_o}{2 \cos \alpha (SE + .4P)}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D_i + 1.2t \cos \alpha}$	$\frac{2SEt \cos \alpha}{D_o - .8t \cos \alpha}$	$\frac{P(D_i + 1.2t \cos \alpha)}{2Et \cos \alpha}$	$\frac{P(D_o - .8t \cos \alpha)}{2Et \cos \alpha}$

* ASME Boiler and Pressure Vessel Code, sección VIII, división 1, edición de 1983, American Society of Mechanical Engineers.



Configuración general y datos dimensionales para cascos y cabezas de recipientes.

TABLE UW-12
MAXIMUM ALLOWABLE JOINT EFFICIENCIES^{1,5} FOR ARC AND GAS WELDED JOINTS

Type No.	Joint Description	Limitations	Joint Category	Degree of Radiographic Examination		
				(a) Full ²	(b) Spot ³	(c) None
(1)	Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surfaces to agree with the requirements of UW-35. Welds using metal backing strips which remain in place are excluded.	None	A, B, C, & D	1.00	0.85	0.70
(2)	Single-welded butt joint with backing strip other than those included under (1)	(a) None except as in (b) below (b) Circumferential butt joints with one plate offset; see UW-13(b)(4) and Fig. UW-13.1, sketch (k)	A, B, C, & D	0.90	0.80	0.65
			A, B, & C	0.90	0.80	0.65
(3)	Single-welded butt joint without use of backing strip	Circumferential butt joints only, not over $\frac{3}{8}$ in. (16 mm) thick and not over 24 in. (610 mm) outside diameter	A, B, & C	NA	NA	0.60
(4)	Double full fillet lap joint	(a) Longitudinal joints not over $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) thick (b) Circumferential joints not over $\frac{3}{8}$ in. (16 mm) thick	A	NA	NA	0.55
			B & C ⁶	NA	NA	0.55
(5)	Single full fillet lap joints with plug welds conforming to UW-17	(a) Circumferential joints ⁴ for attachment of heads not over 24 in. (610 mm) outside diameter to shells not over $\frac{1}{2}$ in. (13 mm) thick (b) Circumferential joints for the attachment to shells of jackets not over $\frac{3}{8}$ in. (16 mm) in nominal thickness where the distance from the center of the plug weld to the edge of the plate is not less than $1\frac{1}{2}$ times the diameter of the hole for the plug.	B	NA	NA	0.50
			C	NA	NA	0.50

(continued)

A02

TABLE UW-12
MAXIMUM ALLOWABLE JOINT EFFICIENCIES^{1,5} FOR ARC AND GAS WELDED JOINTS (CONT'D)

Type No.	Joint Description	Limitations	Joint Category	Degree of Radiographic Examination		
				(a) Full ²	(b) Spot ³	(c) None
(6)	Single full fillet lap joints without plug welds	(a) For the attachment of heads convex to pressure to shells not over $\frac{3}{8}$ in. (16 mm) required thickness, only with use of fillet weld on inside of shell; or (b) For attachment of heads having pressure on either side, to shells not over 24 in. (610 mm) inside diameter and not over $\frac{3}{8}$ in. (16 mm) required thickness with fillet weld on outside of head flange only	A & B	NA	NA	0.45
			A & B	NA	NA	0.45
(7)	Corner joints, full penetration, partial penetration, and/or fillet welded	As limited by Fig. UW-13.2 and Fig UW-16.1	C ⁷ & D ⁷	NA	NA	NA
(8)	Angle joints	Design per U-2(g) for Category B and C joints	B, C, & D	NA	NA	NA

NOTES:

- (1) The single factor shown for each combination of joint category and degree of radiographic examination replaces both the stress reduction factor and the joint efficiency factor considerations previously used in this Division.
- (2) See UW-12(a) and UW-51.
- (3) See UW-12(b) and UW-52.
- (4) Joints attaching hemispherical heads to shells are excluded.
- (5) $E = 1.0$ for butt joints in compression.
- (6) For Type No. 4 Category C joint, limitation not applicable for bolted flange connections.
- (7) There is no joint efficiency E in the design formulas of this Division for Category C and D corner joints. When needed, a value of E not greater than 1.00 may be used.

PART UW — WELDED VESSELS

Table UW-12

4. TRANSMISIÓN DE CALOR

Figura 3.1. Valores aproximados del coeficiente global de transmisión de calor.

Tipo de intercambiador de calor	U , $W/m^2 K$
Gas a gas	10-30
Agua a gas (es decir, enfriador de gas, caldera de gas)	10-50
Vapor en condensación-aire (es decir, radiador de vapor, calentador de aire)	5-50
Vapor a aceite combustible pesado	50-180
Agua a agua	800-2500
Agua a otros líquidos	200-1000
Agua a aceite lubricante	100-350
Compuestos orgánicos ligeros a compuestos orgánicos ligeros	200-450
Compuestos orgánicos pesados a compuestos orgánicos pesados	50-200
Condensadores enfriados por aire	50-200
Condensadores de vapor enfriados por agua	1000-4000
Condensadores de amoníaco enfriados por agua	800-1400
Condensadores de vapor orgánico enfriados por agua	300-1000
Calderas de vapor	10-40 + radiación
Evaporadores de refrigerador	300-1000
Evaporadores de vapor-agua	1500-6000
Tanques agitados con chaqueta	150-1000
Serpentín de calefacción en un recipiente, agua a agua	
Sin agitar	50-250
Agitada	500-2000

[Mills A. F, 1995]

Tipo	Coeficiente global U	
	Btu/pie ² -h-°F	W/m ² -°C
Evaporadores de tubos verticales largos:		
Circulación natural	200-600	1000-3000
Circulación forzada	400-1000	2000-5000
Evaporador de película agitada, líquido newtoniano, viscosidad:		
1 cP	400	2000
1 P	300	2000
100 P	120	600

Figura 6 Coeficientes de transmisión de calor para evaporadores
Fuente: " Operaciones Unitarias en Ingeniería Química "

5. SISTEMA DE CONTROL

	<p>KOBO-pH Electrodo combinado de Ph, relleno de gel Modelo APS-X1Q</p>		<p>Medir • Monitorear • Analizar</p>
---	--	--	--



LÍNEA EXPERTA

- Rango de medición:
pH 1 a 12
- Repelente a la suciedad,
anillo de diafragma PTFE
puede ser esterilizado
- Mantenimiento-libre
llenado de gel de KCl
- Rango de temperatura:
-15 a +80 °C
- Presión nominal
sobre 6 bar
- Construido con protección salina
(protección contra
tóxicos como
S²⁻, CN⁻)
- Cartucho largo de descarga,
dando una vida considerablemente
más larga
- Opcional:
Sensor de temperatura
integrado

Las oficinas de KOBOLD existen en los siguientes países:

**ARGENTINA, AUSTRIA, BELGICA, CANADA, CHINA,
FRANCIA, ALEMANIA, INGLATERRA, PAISES BAJOS,
POLONIA, ITALIA, SUIZA, USA, VENEZUELA**

KOBOLD Messing GmbH
Nordring 22-24
D-65719 Hofheim/Ts.
☎ (06192) 299-0
Fax: (06192) 23398
E-mail: info.de@kobold.com
Internet: www.kobold.com

Modelo:
APS-X1Q

15

KOBO-pH Electrodo combinado de Ph, relleno de gel modelo APS-X1Q



Descripción

El electrodo estándar para el valor de pH se adecúa para casi todas las aplicaciones en el área de análisis del procesamiento y tratamiento del agua. El diafragma de anillo contra la suciedad hecho de PTFE permite que sea sea utilizado bajo condiciones difíciles, por ejemplo en medios muy sucios o aceitosos. Para ampliar la vida de servicio el electrodo combinado se llena de gel de KCl y contiene una placa larga de descarga. Es así muy fácil operar y requiere poco o nada de mantenimiento. El puente salino incorporado ofrece protección mejorada contra venenos de electrodo como S2 o CN. La longitud del electrodo es 120 mm. El cabezal de conexión es un atomillamiento de 13.5 de rosca de conducto conducto. Se requiere cable de conexión modelo APK-X al usar el electrodo.

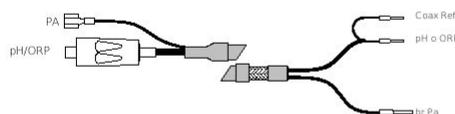
Modelos de cable de conexión y zócalo del conector para electrodos de pH

- Cable de medición con pantalla externa y conductor co-axial
- Envoltura del cable: PVC
- Diámetro del cable: 7 mm, 5 mm (APK-X5S)
- Termoestabilidad: -25 ... +85°C
-10 ... +80°C(APK-X5S)
- Longitud: 5 metros

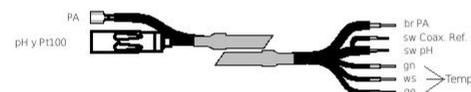
Cable co-axial estándar APK-X5S



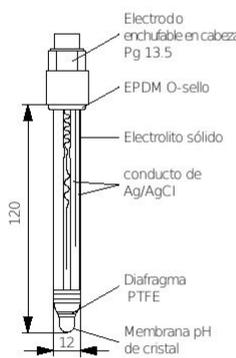
Cable co-axial estándar con PA* APK-X5P



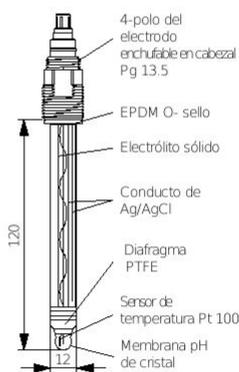
Cable co-axial para electrodos con Pt 100 APK-X5T



APS-X1Q, sin sensor de temperatura



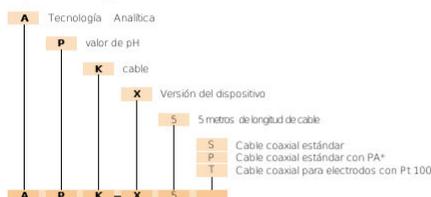
APS-X1Q con sensor de temperatura



Datos técnicos

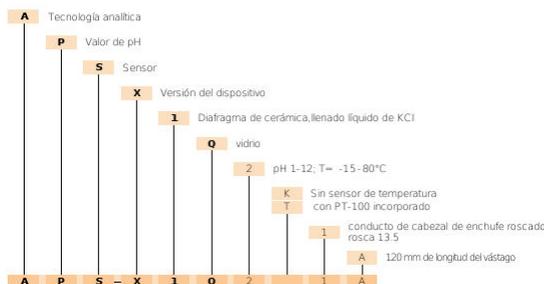
Material: Vidrio adecuado para el proceso
 Diafragma: diafragma anular PTFE
 Valor de pH: 1...12
 Rango de temperatura: -15...+ 80°C
 Resistencia a la presión: ≤ 6 bar
 Longitud del vástago: 120 mm
 Diámetro: 12 mm
 Cabezal con conector roscado: Pg 13.5
 Mínima conductividad: ≥ 50 µS/cm

Tipos de código APK-X (cable)



*Cuando se usa una conexión en un pin equipotencial (PA) para descargar cualquier potencial de interferencia y asegurar compatibilidad EM

Tipos de códigos APS-X1Q (electrodo)





Transmisor de caudal con sistema placa baffle para líquidos



Medir
•
Controlar
•
Analizar



- Rangos de medida:
1-10 l/min...360-3600 m³/h
agua
- Precisión de medición:
±1,5 valor a fondo de escala
- Conexión:
G 3/8...G 2,
3/8 NPT...2 NPT
brida: DN 10...DN 50
ANSI 3/8"...2"
- Parte soldada para tubo de
tamaños nominales:
DN 40...DN 500
- Material:
Latón, PVC o acero inoxidable
- p_{max}: PN 25, t_{max}: 120 °C
- Montaje universal
- Para medios contaminados

Las oficinas de KOBOLD existen en los siguientes países:

**ARGENTINA, AUSTRIA, BELGICA, CANADA, CHINA,
FRANCIA, ALEMANIA, INGLATERRA, PAISES BAJOS,
POLONIA, ITALIA, SUIZA, USA, VENEZUELA**

KOBOLD Messring GmbH
Nördring 22-24
D-65719 Hofheim/Ts.
☎ (06192) 2339-0
Fax (06192) 23398
E-mail: info.de@kobold.com
Internet: www.kobold.com

**Modelo:
DWD**

21

Transmisor de caudal con sistema placa baffle para líquidos Modelo DWD



Descripción

El nuevo instrumento de medición KOBOLD tipo DWD es un transmisor de caudal con indicación digital de la tasa de caudal real, salida analógica de 4-20 mA y 0-5 o 5-20 Hz de frecuencia de salida y dos relés ajustables todo o nada Indicando el punto de conmutación para monitorear valores límite. Una interfaz serial RS232C está disponible como opción.

La combinación de la prueba técnica de medición de deflexión por desplazamiento con el nuevo sistema patentado de péndulo y el analizador electrónico con EEPROM programable produce un transmisor de flujo confiable y económico. Debido a su tecnología y características modernas este dispositivo también es ideal para aplicaciones donde métodos mucho más costosos de medición se han utilizado hasta este momento.

El transmisor de flujo tipo DWD utiliza la confiable técnica de deflexión por desplazamiento junto con nueva tecnología patentada. El medio que fluye presiona contra una placa de baffle que se sujete a un péndulo - causando así desplazamiento. El péndulo que es retenido por un sistema de resorte progresivo cambia su posición sin la fricción y dependiendo del flujo. La posición de un imán adjunto al péndulo es detectado por un sensor de efecto Hall fijado fuera del medio. Esta señal es procesada y evaluada por electrónica basada en microchip con memoria EEPROM.

Los dispositivos están calibrados y provistos sus especificaciones. Ajustes y programación costosos no se requieren. El DWD esta listo para la operación inmediata. Los dispositivos se pueden reprogramar en caso de necesidad. La carcasa se puede también adaptar fácilmente para la posición de montaje deseada.

Numerosas conexiones y materiales permiten una amplia gama de aplicaciones. Secciones transversales grandes de la línea se pueden también medir confiable y económicamente.

Vistazo de las Ventajas:

- Listo para la operación inmediatamente
- Sin cojinetes, sin fricción
- Solamente una pieza levemente móvil
- Sensibilidad insignificante a la suciedad
- Un rango de caudal más ancho
- Pérdida pequeña de presión
- Cualquier rango de medición es programable
- Señal lineal

Áreas de aplicación:

- Industria pesada de bienes
- Molinos de balanceo y trenes del molino
- Industrias química y farmacéutica
- Industria alimenticia y de bebidas
- Ingeniería mecánica general y equipamiento de capital
- Medición y monitoreo de circuitos de producto, de refrigeración y lubricación

Detalles Técnicos

Dispositivo	Combinación de material		
	5	6	7
Cub. del péndulo	Latón	Ac. Inox.	Ac. Inox.
Sistema péndulo	Ac. Inox.	Ac. Inox.	Ac. Inox.
Pieza-T	Latón	Ac. Inox.	PVC
Sellos	FPM	FPM	FPM
Conexión roscada	Latón	Ac. Inox.	PVC
Conexión brida	Ac. Zinc-plat.	Ac. Inox.	PVC
Parte soldada	Acero	Ac. Inox.	Caja de tubo taladrador PVC
Cubierta electrónica	Al. recubierto PA 66	Al. recubierto PA 66	Al. recubierto PA 66
tmax*	120°C	120°C	20°C (60°C)
pmax*	25 bar	25 bar	16 bar (2 bar)

*Mas alto bajo pedido

- Razón de caudal: Índice de caudal 1:10 estándar (por ejemplo 10-100 l/min) máx. 1:25 bajo pedido
- Precisión: ±1,5% valor a fondo de escala
- Temperatura del medio: -20°C...+120°C (otros rangos bajo pedido)
- Máxima presión: 25 bar (valores mas altos bajo pedido)
- Dirección del flujo: cualquiera
- Salida analógica: 0-10V o 4-20 mA(Conmutable)
- Frecuencia de salida: 0-5 Hz o 5-20 Hz ajustable
- Contactos de conmutación: 2 x 230 V, 1 A máx., ajustable con indicación en indicador
- Indicador: LCD-DOT-modulo matriz, 2 x 8 posiciones
- Fuente de alimentación: 24 VCD ±10%
- Tipo de protección: IP 65
- Opcional: Interface serial RS232C

Posición de montaje

Observe la dirección del caudal marcada con una flecha en el dispositivo al instalar. De lo contrario puede utilizar cualquier posición de montaje dado que el panel delantero frontal y la carcasa de la pantalla/transmisor se pueden rotar en pasos de progresión de 90°. El dispositivo puede de esta manera (incluso si ya esta ajustado) se adapte a diversas posiciones de montaje en la tubería, así la lectura y la operación convenientes son siempre posibles

Ejemplo de rangos de medición:

Para conexión DN25 min 6 l/min., máx. 60 l/min o cualquier otro valor hasta máx. 150 l/min en una razón 1:10

Transmisor de caudal con sistema placa baffle para líquidos Modelo DWD



Detalles del pedido (Ejemplo: DWD-15 R 10 3 R T 0) Nosotros requerimos los siguientes detalles, así como también, el número de pedido: medio, viscosidad, temperatura de servicio, presión de operación, rango de caudal dentro de los valores detallados abajo con el rango min./máx. 1-10

Monitor de caudal modelo DWD-1.. con conexión roscada

Rango de caudal (l/min.)		Combinación de material (sistema péndulo / Pieza T)			Conexión	Alimentación	Dirección del caudal	Localización del indicador	Opcional
min. Agua	máx. Agua	Ac. Inox./ Latón	Ac. Inox./ Ac. Inox.	Ac. Inox./ PVC					
1	25	DWD-15..	DWD-16..	DWD-17..	R10 = G 3/8* N10 = 3/8 NPT*	3 = 24 VCD	R = de der. a izq. L = de izq. a der. T = de arr. a abajo B = de abajo a arr.	T = indicacion sup. R = der. de indic. L = izq. de indic.	0 = sin 7 = interface RS232C
1	55	DWD-15..	DWD-16..	DWD-17..	R15 = G 1/2* N15 = 1/2 NPT*				
5	100	DWD-15..	DWD-16..	DWD-17..	R20 = G 3/4* N20 = 3/4 NPT*				
6	150	DWD-15..	DWD-16..	DWD-17..	R25 = G 1* N25 = 1 NPT*				
10	250	DWD-15..	DWD-16..	DWD-17..	R32 = G 1 1/4* N32 = 1 1/4 NPT*				
20	400	DWD-15..	DWD-16..	DWD-17..	R40 = G 1 1/2* N40 = 1 1/2 NPT*				
50	600	DWD-15..	DWD-16..	DWD-17..	R50 = G 2* N50 = 2 NPT*				

*Modelo DWDF-14... hembra roscada a R40, rosca superior externa; Modelo DWD16.../DWD17... hembra roscada a R40, rosca superior

Transmisor de caudal Modelo DWU-2.. con conexión brida

Rango de caudal (l/min.)		Combinación de material (sistema péndulo / Pieza T)			Conexión brida	Alimentación	Dirección del caudal	Localización del indicador	Opcional
min. Agua	máx. Agua	Ac. Inox./ Latón	Ac. Inox./ Ac. Inox.	Ac. Inox./ PVC					
1	25	DWD-25..	DWD-26..	DWD-27..	F10 = DN 10 N10 = 3/8" ANSI	3 = 24 VCD	R = de der. a izq. L = de izq. a der. T = de arr. a abajo B = de abajo a arr.	T = indicacion sup. R = der. de indic. L = izq. de indic.	0 = sin 7 = interface RS232C
1	55	DWD-25..	DWD-26..	DWD-27..	F15 = DN 15 A15 = 1/2 ANSI				
5	100	DWD-25..	DWD-26..	DWD-27..	F20 = DN 20 A20 = 3/4 ANSI				
6	150	DWD-25..	DWD-26..	DWD-27..	F25 = DN 25 A25 = 1" ANSI				
10	250	DWD-25..	DWD-26..	DWD-27..	F32 = DN 32 A32 = 1 1/4 ANSI				
20	400	DWD-25..	DWD-26..	DWD-27..	F40 = DN 40 A40 = 1 1/2" ANSI				
50	600	DWD-25..	DWD-26..	DWD-27..	F50 = DN 50 A50 = 2" ANSI				

Transmisor de caudal con sistema placa baffle para líquidos DWD-35../DWD36.. con parte soldada, DWD-37.. con caja de tubo taladradora

Rango de caudal (l/min.)		Combinación de material (sistema péndulo / Pieza T)			Para tubo de corte transversal	Alimentación	Dirección del caudal	Localización del indicador	Opcional
min. Agua	máx. Agua	Ac. Inox./ Latón	Ac. Inox./ Ac. Inox.	Ac. Inox./ PVC					
1,2	24	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W40 = DN 40	3 = 24 VCD	R = de der. a izq. L = de izq. a der. T = de arr. a abajo B = de abajo a arr.	T = indicacion sup. R = der. de indic. L = izq. de indic.	0 = sin 7 = interface RS232C
3,0	36	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W50 = DN 50				
4,8	60	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W65 = DN 65				
7,2	90	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W80 = DN 80				
12	144	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W110 = DN 110				
18	225	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W125 = DN 125				
24	330	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W150 = DN 150				
42	600	DWD-35..	DWD-36..	DWD-37..	W200 = DN 200				
72	900	DWD-35..	DWD-36..	-	W250 = DN 250				
102	1200	DWD-35..	DWD-36..	-	W300 = DN 300				
150	1800	DWD-35..	DWD-36..	-	W350 = DN 350				
180	2400	DWD-35..	DWD-36..	-	W400 = DN 400				
300	3600	DWD-35..	DWD-36..	-	W500 = DN 500				

No se responsabiliza por errores editados; sujeto a cambios sin previo aviso.

www.kobold.com

23

 <p>Zertifiziertes QM-System DIN EN ISO 9001 Reg.Nr. 95046</p>	<h2>Medidores de Nivel Magnetostrictivos para líquidos</h2>		<p>Medir • Monitorear • Analizar</p>
---	---	--	--



- Rango de medida:
300–4000 mm
- Precisión: ± 1 mm
- Presión: máx. PN 10
- Temperatura: -20 °C... $+70$ °C
- Conexión:
G 2 rosca macho, 2 NPT
- Material: acero inoxidable
- Salida Analógica: 4- 20 mA
- Libre de desgaste y rajaduras
- Insensible a impactos
y vibraciones

Las oficinas KOBOLD existen en los siguientes países:

**ARGENTINA, AUSTRIA, BELGICA, CANADA, CHINA,
FRANCIA, ALEMANIA, INGLATERRA, PAISES BAJOS,
POLONIA, ITALIA, SUIZA, USA, VENEZUELA**

KOBOLD Messring GmbH
Nordring 22-24
D-65719 Hofheim/Ts.
☎ (0 61 92) 2 99-0
Fax (0 61 92) 2 33 98
E-mail: info.de@kobold.com
Internet: www.kobold.com

Modelo:
NMT

7

Medidores de Nivel Magnetostrictivos Modelo NMT



Descripción

El medidor de nivel NMT de Kobold es un sensor contador controlado por flotador muy exacto para niveles de sensado continuo. El instrumento comprende dos partes:

- Sensor magnetostrictivo en el tubo de medición.
- Transmisor de cuatro hilos en la caja de conexión.

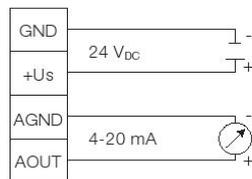
Principio de Funcionamiento

El principio de medición se basa en la medida del tiempo de eco. Un alambre magnetostrictivo está tensado en el tubo de medición. Los pulsos de corriente se transmiten a través del alambre, generando así un campo magnético anular alrededor del alambre. El alambre también es magnetizado axialmente por imanes acondicionados en el flotador. Debido a la superposición de ambos campos magnéticos, un impulso torsional se genera en la vecindad del imán del flotador, que se propaga con velocidad ultrasónica en ambas direcciones. La distancia del imán de flotador a un punto cero definido se mide con una medida del tiempo de eco. Los sistemas electrónicos integrados transforman la señal a una señal analógica estandarizada.

Aplicaciones

- Industria química
- Estaciones de poder
- Industria farmacéutica
- Industria de procesos
- Tanques en granjas

Conexión eléctrica



Datos de Pedido (Ejemplo: NMT-1201 R50)

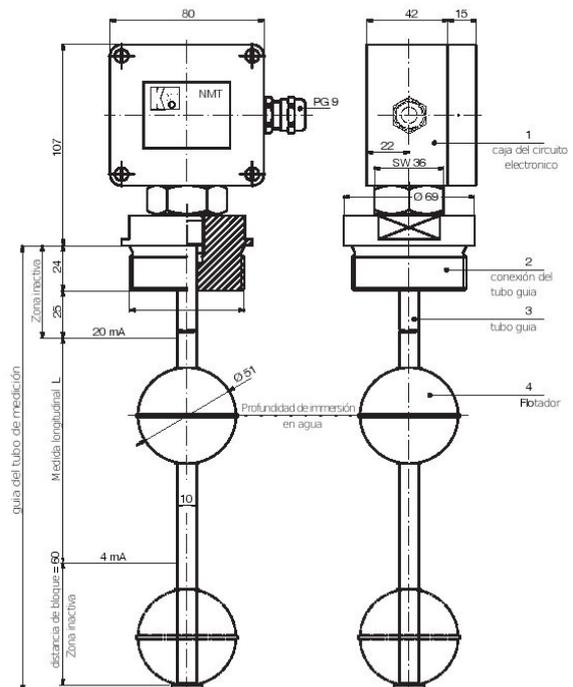
Descripción	Modelo	Conexión
Transductor Tubo de medida de acero Inox. Densidad 1.0 kg/dm ³	NMT-1201	R50=G 2 N50=2 NPT
Transductor Tubo de medida de acero Inox. Densidad 0.7 kg/dm ³	NMT-1208	

Por favor especifique la medida de longitud o medida del tubo de medición por escrito
medida del tubo de medición = medida longitudinal + 114 mm (zona no activa)

Detalles Técnicos

- Presición: ± 1 mm
- longitud de medición: 300 to 4000 mm
- Longitud del tubo: medida longitudinal + 114 mm
- longitud total: Ver dimensiones
- Densidad estandar: 1.0 kg/dm³
- densidad especial: 0.7 kg/dm³
- Temperatura de operación: -20 to +70 °C
- Max. Presión de operación: PN 10
- Conexión/tubo de medición: acero inoxidable 1.4571
- Flotador: acero inoxidable 1.4701
- Caja de conexiones: aluminio
- Conexión de proceso: G 2 macho o 2 NPT
- Conexión eléctrica: tbloque terminal en la caja de conexión
- Salida Analógica: 4 - 20 mA 4-hilos
- Carga: 500 Ω
- Alimentación: 24 V_{DC} ± 20%, max. 150 mA
- Consumo de corriente: max. 150 mA
- Protección: IP 65

Dimensiones



Sin responsabilidad tomada por errores; sujeto a cambios sin previo aviso.

 <p>ZERT Zertifiziertes QMS-System DIN EN ISO 9001 Reg.Nr. 95046</p>	<p>Transductores de Presión de Servicio Pesado, Compactos Piezoresistivos</p>		<p>Medir • Monitorear • Analizar</p>
---	--	--	--



- Presión absoluta o manométrica
- Diafragma interno
- Rango de medición:
-1...0 a 0...16 bar
- Temperatura (Medio):
máx. 100°C
- Precisión
±0.5 o 1.0% (f.s.d.)
- Material:
Acero inoxidable
- Conector: G 1/4" macho

Las oficinas de KOBOLD existen en los siguientes países:

**ARGENTINA, AUSTRIA, BELGICA, CANADA, CHINA,
FRANCIA, ALEMANIA, INGLATERRA, PAISES BAJOS,
POLONIA, ITALIA, SUIZA, USA, VENEZUELA.**

KOBOLD Messing GmbH
Nordring 22-24
D-65719 Hofheim/Ts.
☎ (06192) 299-0
Fax (06192) 23398
E-mail: info.de@kobold.com
Internet: www.kobold.com

Modelo:
SEN 3247
SEN 3249
SEN 3272

7

Presión Absoluta o Manométrica, Diafragma Interno, Clase 0.5 o 1.0v

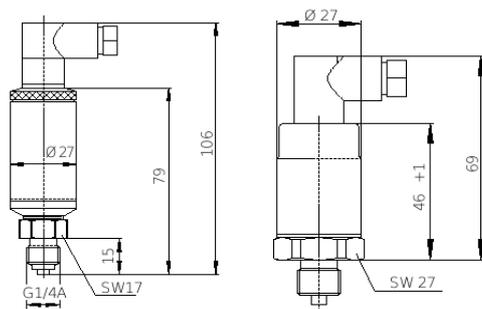


Descripción

Los sensores resistentes industriales de presión, compactos son líderes entre transductores de presión. Compactos, robustos con estabilidad de largo plazo, son convenientes particularmente para aplicaciones en las cuales los requisitos principales son tamaño pequeño, una conexión de presión G 1/4", peso ligero y la capacidad de soportar altas cargas mecánicas. Como elemento de medición se usa un sensor piezo-resistivo. El material utilizado los hace insensibles a los medios químicamente agresivos.

Dimensiones:

SEN-3247..., SEN-3249... SEN-3272...



Áreas de aplicación:

- Manejo de materiales y Equipos de remoción
- Sistemas Hidráulicos
- Sistemas Neumáticos
- Ingeniería Mecánica

Datos técnicos:

Tecnología: Diafragma interno
 Presión: SEN-3249, SEN-3272: Presión manométrica
 SEN-3247: Presión absoluta
 Cuerpo: Acero inoxidable 1.4301
 Conectores: G 1/4" macho DIN 16288
 Partes húmedas: Acero inoxidable 1.4571 y 1.4542
 Elemento de medición: Piezo-resistivo
 Temperatura Máx: De almacen:-40...+100°C
 Del medio:-30...+100°C
 De ambiente:-40...+85°C
 Límite de Presión: ≤ 16 bar: 3.5 x rango ajustado al vacío
 Precisión: SEN-3247, SEN-3249: 0,5
 SEN-3272: 1.0
 Repetibilidad: ≤ ±0.05% (f.s.d.)
 Estabilidad por año: ≤ ±0.2% (f.s.d.) bajo condiciones de referencia
 Conector eléctrico: Enchufe de vuelta derecha DIN 43 650 C
 Enchufe mini- Hirschmann G4a1MMT (Tipo 3272)
 Alimentación: Z...30 VDC
 (14...30 VDC para salida de 0-10 V)
 Salida: 4-20 mA, 0-10 VDC
 Carga(Ω): ≤ (UB-10 V)/0.02 A (para 4-20 mA)
 >10 kOhm para 0-10 V
 Respuesta temporal: ≤ 1 ms (dentro 10-90% del fondo de escala)
 Ajustabilidad: Cero y span a ±5%
 (no se aplica a SEN-3272)
 Rango de temperatura: 0...+80°C
 Deriva de temperatura: Cero y span
 ±0.3%/10 K
 Protección: IP 65

Datos de pedido Ejemplo: SEN-3247 B146)

Rango de Medición	Item no. Presión absoluta clase 0.5 4-20 mA	Item no. presión manométrica clase 0.5 4-20 mA	Item no. presión manométrica clase 0.5 0-10 VDC	Item no. presión manométrica clase 1.0 4-20 mA	Item no. presión manométrica clase 1.0 0-10 VDC
-1 a 0 bar	-	SEN-3249 C315	SEN-3249/2 C315	-	-
-0.6 a 0 bar	-	SEN-3249 C305	SEN-3249/2 C305	-	-
-0.4 a 0 bar	-	SEN-3249 C436	SEN-3249/2 C436	-	-
-0.25 a 0 bar	-	SEN-3249 C426	SEN-3249/2 C426	-	-
0 a 0.25 bar	SEN-3247 B146	SEN-3249 B146	SEN-3249/2 B146	SEN-3272 B146	SEN-3272/2 B146
0 a 0.4 bar	SEN-3247 B156	SEN-3249 B156	SEN-3249/2 B156	SEN-3272 B156	SEN-3272/2 B156
0 a 0.6 bar	SEN-3247 B015	SEN-3249 B015	SEN-3249/2 B015	SEN-3272 B015	SEN-3272/2 B015
0 a 1 bar	SEN-3247 B025	SEN-3249 B025	SEN-3249/2 B025	SEN-3272 B025	SEN-3272/2 B025
0 a 1.6 bar	SEN-3247 B035	SEN-3249 B035	SEN-3249/2 B035	SEN-3272 B035	SEN-3272/2 B035
0 a 2.5 bar	SEN-3247 B045	SEN-3249 B045	SEN-3249/2 B045	SEN-3272 B045	SEN-3272/2 B045
0 a 4 bar	SEN-3247 B055	SEN-3249 B055	SEN-3249/2 B055	SEN-3272 B055	SEN-3272/2 B055
0 a 6 bar	SEN-3247 B065	SEN-3249 B065	SEN-3249/2 B065	SEN-3272 B065	SEN-3272/2 B065
0 a 10 bar	SEN-3247 B075	SEN-3249 B075	SEN-3249/2 B075	SEN-3272 B075	SEN-3272/2 B075
0 a 16 bar	SEN-3247 B085	SEN-3249 B085	SEN-3249/2 B085	SEN-3272 B085	SEN-3272/2 B085



**Sensor de Temperatura
Electronico**
con indicador LED de 3-Digitos



medir
•
monitorear
•
analizar



- Rango de medición: - 50 ... +125 °C
- Presion: max. 80 bar
- Precision: ±0.5 °C (at -10 ... +85 °C)
- Material del cuerpo: acero inoxidable
- Conexiones:
G ½, G ¾, ½ NPT, ¾ NPT
o M 25x1.5



Las oficinas KOBOLD existen en los siguientes países:

**ARGENTINA, AUSTRIA, BELGIUM, BRAZIL, CANADA, CHINA,
FRANCE, GERMANY, GREAT BRITAIN, ITALY, MEXICO, NETHER-
LANDS, PERU, POLAND, SWITZERLAND, USA, VENEZUELA**

KOBOLD Messring GmbH
Nordring 22-24
D-65719 Hofheim/Ts.
☎ +49(0)6192 299-0
Fax +49(0)6192 23398
E-Mail: info.de@kobold.com
Internet: www.kobold.com

Modelo:
TDA-

29

Sensor de Temperatura Electronico con indicador LED de 3-Digitos

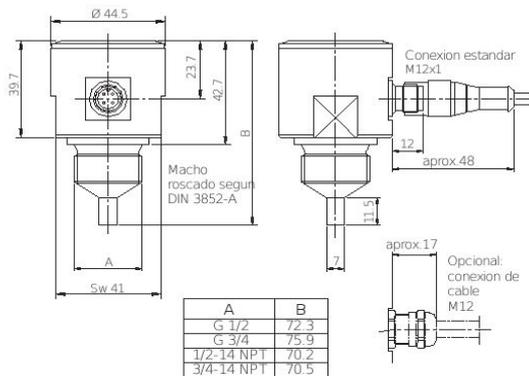


Descripcion

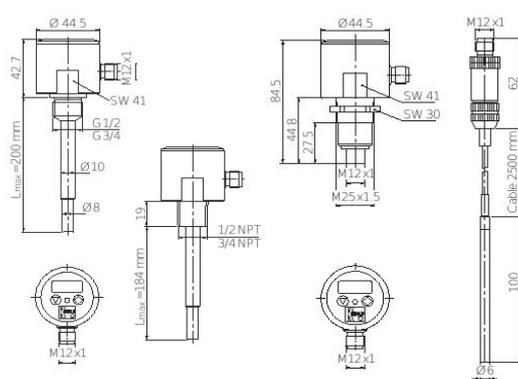
El sensor de temperatura modelo TDA de KOBOLD se utiliza para medir y supervisar de temperatura de manera económica. Puede ser utilizado para cualquier aplicación en la cual la temperatura a ser supervisada requiera gran exactitud.

El elemento del sensor es un semiconductor que saca una señal digital al analizador electrónico en pasos de 0.5 °C. Los valores medidos se demuestran en un indicador LED de 3 lugares. La salida análoga se puede ajustar como sea necesario dentro de un rango de medición.

Dimensiones: Version compacta, corta



Version compacta, larga Ver. montada separadamente



Detalles tecnicos

- Cubierta del cuerpo: acero inox. 1.4305
- Cuerpo: acero inox. 1.4404
- Conexiones, version compacta:**
 - G 1/2 o rosca externa G 3/4
 - acero inox. 1.4404
 - Opcional: 1/2 NPT o 3/4 NPT
- Conexion, version montada separadamente:**
 - Sensor: 100 mm, 6 mm
 - Cable: 2.5 m PTFE con enchufe conector M12x1
- Cuerpo: M 25x1.5 con jam nut
- Principio de medicion: semiconductor
- Indicador: LED de 3-position
Alto de los digitos 7 mm
- Resolucion: 0.5 °C hasta 99.9 °C
1 °C arriba de 100 °C
- Max. temperatura del medio medido: -20...+120 °C (version compacta)
50...+125 °C (version montada separadamente)
- Max. ambient temp.: -20...+50 °C
- Max. presion: 80 bar
- Alimentacion: 24 V_{DC} ±20%
- Consumo de potencia: 40 mA
- Conexion electrica: Lumberg conector M 12x1 o cable PVC
- Salida analoga: 0(4)- 20 mA ajustable
Max. carga 500 Ω
- Ciclo de medicion: >0.5 s, t_(50/90) = aprox. 13/30 s
- Precision (sensor): ±0.5 °C (entre -10...+85 °C)
±2 °C (entre -50...-10 °C y +85...+125 °C)
- Tipo de proteccion: IP 65

Aplicaciones

- Compresores
- Ingenieria de planta
- Construccion de maquinas
- Bombas

Accesorios: Conexion electrica

Descripcion	Modelo
caja M12x1 con terminales roscadas	ZUB-KAB-12D500
caja M12x1 box con cable de 2 m	ZUB-KAB-12K002
caja M12x1 con enchufe conector Quickon	ZUB-KAB-12Q000

Detalles del pedido (Ejemplo: TDA-15H2 R4 0 L3M)

Indicador	Rango de medicion	Conexion	Modelo	Long. del sensor	Conexion electrica
Indicador LED de 3 posiciones	-20...+120 °C	G 1/2	TDA-15H2 R4	0 = corto 1 = 100 mm 2 = 200 mm**	L3M = conector de enchufe M12x1 L3P = cable de 1 m PVC L3S* = longitud especial del cable
		G 3/4	TDA-15H2 R5		
		1/2 NPT	TDA-15H2 N4		
		3/4 NPT	TDA-15H2 N5		
	-50...+125 °C	version montada separadamente, ver. suave	TDA-15H3 D6		

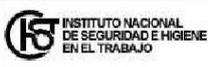
* Por favor especificar longitud del cable cuando ordene! **Maxima longitud para tornillo roscado NPT es 184 mm en vez de 200 mm.

6. FICHAS DE SEGURIDAD

Fichas Internacionales de Seguridad Química

GLUCOSA

ICSC: 0865

 			
GLUCOSA Dextrosa Azúcar de uva $C_6H_{12}O_6$ Masa molecular: 180.16			
N° CAS 50-99-7 N° RTECS LZ6600000 N° ICSC 0865			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible.		Polvos, pulverización con agua, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION			
EXPOSICION			
• INHALACION	Tos.	Ventilación.	Aire limpio, reposo.
• PIEL			
• OJOS	Enrojecimiento.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
• INGESTION			Enjuagar la boca.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, eliminar el residuo con agua abundante.	Mantener en lugar seco.		
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0865	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994		

Fichas Internacionales de Seguridad Química

GLUCOSA

ICSC: 0865

D A T O S I M P O	ESTADO FISICO; ASPECTO Polvo blanco, con sabor dulce.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.	
	PELIGROS FISICOS	RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire.	
	PELIGROS QUIMICOS	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia puede irritar los ojos.	
	LIMITES DE EXPOSICION TLV no establecido. MAK no establecido.	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA	

R T A N T E S		
PROPIEDADES FÍSICAS	Punto de fusión: 146°C Densidad relativa (agua = 1): 1.56	Solubilidad en agua: Soluble
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS INFORMACION ADICIONAL		
Dextrosal, Glucolín son nombres comerciales. FISQ: 1-118 GLUCOSA		
ICSC: 0865	© CCE, IPCS, 1994	GLUCOSA
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

Advertencia

© INSHT



Ficha de Datos de Seguridad
Según Directiva 2001/58/CE

Panreac

142080 **D(+)-Xilosa** (RFE, BP, Ph. Eur.) PRS-CODEX

<p>1. Identificación de la sustancia/preparado y de la sociedad o empresa</p> <p>1.1 Identificación de la sustancia o del preparado Denominación: D(+)-Xilosa</p> <p>1.2 Uso de la sustancia o preparado: Para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.</p> <p>1.3 Identificación de la sociedad o empresa: PANREAC QUIMICA, S.A.U. C/Garraf, 2 E-08211 Castellar del Vallès (Barcelona) España Tel.:(+34) 937 489 400 Urgencias: Número único de teléfono para llamadas de urgencia: 112 (UE) Tel.:(+34) 937 489 499</p>
<p>2. Composición/Información de los componentes</p> <p>Denominación: D(+)-Xilosa Fórmula: C₅H₁₀O₅ M.=150,13 CAS [58-86-6] Número CE (EINECS): 200-400-7</p>
<p>3. Identificación de los peligros</p> <p>Sustancia no peligrosa según Directiva 67/548/CEE.</p>
<p>4. Primeros auxilios</p> <p>4.1 Indicaciones generales: -----</p> <p>4.2 Inhalación: -----</p> <p>4.3 Contacto con la piel: -----</p> <p>4.4 Ojos: Lavar con agua abundante manteniendo los párpados abiertos.</p> <p>4.5 Ingestión: Por ingestión de grandes cantidades: En caso de malestar, pedir atención médica.</p>
<p>5. Medidas de lucha contra incendio</p> <p>5.1 Medios de extinción adecuados: Los apropiados al entorno.</p> <p>5.2 Medios de extinción que NO deben utilizarse: -----</p> <p>5.3 Riesgos especiales: Combustible.</p> <p>5.4 Equipos de protección: -----</p>
<p>6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental</p> <p>6.1 Precauciones individuales: -----</p> <p>6.2 Precauciones para la protección del medio</p>

<p>6.2 ambiente: -----</p> <p>6.3 Métodos de recogida/limpieza: Recoger en seco. Limpiar los restos con agua abundante.</p>
<p>7. Manipulación y almacenamiento</p> <p>7.1 Manipulación: Sin indicaciones particulares.</p> <p>7.2 Almacenamiento: Recipientes bien cerrados. Ambiente seco. Temperatura ambiente.</p>
<p>8. Controles de exposición/protección personal</p> <p>8.1 Medidas técnicas de protección: -----</p> <p>8.2 Control límite de exposición: -----</p> <p>8.3 Protección respiratoria: -----</p> <p>8.4 Protección de las manos: -----</p> <p>8.5 Protección de los ojos: -----</p> <p>8.6 Medidas de higiene particulares: Lavarse las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo.</p> <p>8.7 Controles de la exposición del medio ambiente: Cumplir con la legislación local vigente sobre protección del medio ambiente.</p> <p>El proveedor de los medios de protección debe especificar el tipo de protección que debe usarse para la manipulación del producto, indicando el tipo de material y, cuando proceda, el tiempo de penetración de dicho material, en relación con la cantidad y la duración de la exposición.</p>
<p>9. Propiedades físicas y químicas</p> <p>Aspecto: Polvo blanco.</p> <p>Olor: Inodoro.</p> <p>6,0-6,5 Punto de fusión : 153°C Solubilidad: Soluble en agua.</p>
<p>10. Estabilidad y reactividad</p> <p>10.1 Condiciones que deben evitarse: -----</p> <p>10.2 Materias que deben evitarse: -----</p> <p>10.3 Productos de descomposición peligrosos: -----</p> <p>10.4 Información complementaria: -----</p>
<p>11. Información toxicológica</p> <p>11.1 Toxicidad aguda: DL50 oral ratón: 23 g/kg.</p> <p>11.2 Efectos peligrosos para la salud: Baja toxicidad. No son de esperar características peligrosas. Observar las precauciones habituales en el</p>

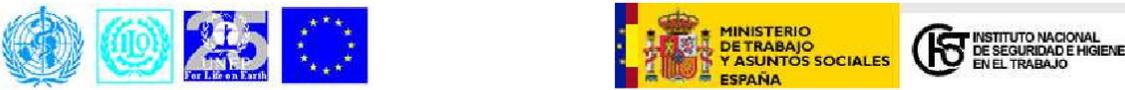
manejo de productos químicos.	
12. Información Ecológica	
12.1	Movilidad : -----
12.2	Ecotoxicidad : -----
12.3	Degradabilidad : -----
12.4	Acumulación : -----
12.5	Otros posibles efectos sobre el medio natural : Manteniendo las condiciones adecuadas de manejo no cabe esperar problemas ecológicos.
13. Consideraciones sobre la eliminación	
13.1	Sustancia o preparado: En la Unión Europea no están establecidas pautas homogéneas para la eliminación de residuos químicos, los cuales tienen carácter de residuos especiales, quedando sujetos su tratamiento y eliminación a los reglamentos internos de cada país. Por tanto, en cada caso, procede contactar con la autoridad competente, o bien con los gestores legalmente autorizados para la eliminación de residuos. 2001/573/CE: Decisión del Consejo, de 23 de julio de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE de la Comisión en lo relativo a la lista de residuos. Directiva 91/156/CEE del Consejo de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos. En España: Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. Publicada en BOE 22/04/98. ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Publicada en BOE 19/02/02.
13.2	Envases contaminados: Los envases y embalajes contaminados de sustancias o preparados peligrosos, tendrán el mismo tratamiento que los propios productos contenidos. Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases. En España: Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases. Publicada en BOE 25/04/97. Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases. Publicado en BOE 01/05/98.
14. Información relativa al transporte	

15. Información reglamentaria	
Etiquetado según Directiva de la CE -----	
16. Otras informaciones	
Número y fecha de la revisión:0 18.12.02 Los datos consignados en la presente Ficha de Datos de Seguridad, están basados en nuestros actuales conocimientos, teniendo como único objeto informar sobre aspectos de seguridad y no garantizándose las propiedades y características en ella indicadas.	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETANOL (anhidro)

ICSC: 0044

			
<p>ETANOL (anhidro) Alcohol etílico $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}/\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ Masa molecular: 46.1</p>			
<p>Nº CAS 64-17-5 Nº RTECS KQ630000 Nº ICSC 0044 Nº NU 1170 Nº CE 603-002-00-5</p>			
			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes fuertes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION			
• INHALACION	Tos, somnolencia, dolor de cabeza, fatiga.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
• PIEL	Piel seca.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor, sensación de quemazón.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Sensación de quemazón, confusión, vértigo, dolor de cabeza, pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables, eliminar el residuo con agua abundante.	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	símbolo F R: 11 S: (2-)7-16 Clasificación de Peligros NU: 3 CE:	
			
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0044	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994		

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETANOL (anhidro)

ICSC: 0044

D A	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor característico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS	

T O S I M P O R T A N T E S	<p>El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Reacciona lentamente con hipoclorito cálcico, óxido de plata y amoníaco, originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como, ácido nítrico o perclorato magnésico, originando peligro de incendio y explosión.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 1000 ppm; 1880 mg/m³ (ACGIH 1995-1996). MAK: 1000 ppm; 1900 mg/m³ (1996).</p>	<p>RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede originar irritación de los ojos y del tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar al tracto respiratorio superior y al sistema nervioso central, dando lugar a irritación, dolor de cabeza, fatiga y falta de concentración. La ingesta crónica de etanol puede causar cirrosis hepática.</p>
	<p>PROPIEDADES FISICAS</p> <p>Punto de ebullición: 79°C Punto de fusión: -117°C Densidad relativa (agua = 1): 0.8 Solubilidad en agua: Miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 5.8 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.6</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.03 Punto de inflamación: 13°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 363°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.3-19 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.32</p>
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
El consumo de etanol durante el embarazo puede afectar al feto.		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 4-106 ETANOL (anhidro)		Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-32 Código NFPA: H 0; F 3; R 0;
ICSC: 0044	ETANOL (anhidro)	
© CCE, IPCS, 1994		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

Advertencia

© INSHT

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETANO-1,2-DIOL

ICSC: 0270

  			
ETANO-1,2-DIOL Etilen glicol 1,2-Dihidroxietano HOCH ₂ CH ₂ OH Masa molecular: 62.1			
Nº CAS 107-21-1 Nº RTECS KW2975000 Nº ICSC 0270 Nº CE 603-027-00-1			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible.	Evitar las llamas.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua pulverizada, dióxido de carbono.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA FORMACION DE NIEBLA DEL PRODUCTO!	
• INHALACION	Tos, vértigo, dolor de cabeza.	Ventilación.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Piel seca, enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
• OJOS	Enrojecimiento.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Dolor abdominal, embotamiento, náuseas, vómitos, pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: respirador de filtro mixto contra vapores orgánicos y polvo nocivo A/P2).	Separado de oxidantes y bases fuertes. Mantener en lugar seco. Ventilación a ras del suelo.	símbolo Xn R: 22 S: 2 CE:	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0270		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETANO-1,2-DIOL

ICSC: 0270

D A T O	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, inodoro, viscoso e hidrosκόpico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación y a través de la piel.
	PELIGROS FISICOS	RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración
	PELIGROS QUIMICOS	

S I M P O R T A N T E S	<p>Por combustión, formación de gases tóxicos. Reacciona con oxidantes y bases fuertes.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (valor techo): 50 ppm; 127 mg/m³ (ACGIH 1993-1994).</p>	<p>nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en el riñón y el sistema nervioso central, dando lugar a alteraciones renales y daño cerebral. La exposición podría causar disminución de la consciencia.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA La sustancia puede afectar al sistema nervioso central y a los ojos.</p>
	<p>PROPIEDADES FISICAS</p> <p>Punto de ebullición: 198°C Punto de fusión: -13°C Densidad relativa (agua = 1): 1.1 Solubilidad en agua: Miscible Presión de vapor, Pa a 20°C: 7</p>	<p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.1 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.00 Punto de inflamación: 111°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 398°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.2-15.3</p>
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo.		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 3-113 ETANO-1,2-DIOL	Código NFPA: H 1; F 1; R 0;	
ICSC: 0270	ETANO-1,2-DIOL	
© CCE, IPCS, 1994		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

Advertencia

© INSH



Health	1
Fire	1
Reactivity	0
Personal Protection	A

Material Safety Data Sheet D-Xylitol MSDS

Section 1: Chemical Product and Company Identification

Product Name: D-Xylitol	Contact Information:
Catalog Codes: SLX1054, SLX1108, SLX1024	Sciencelab.com, Inc. 14025 Smith Rd. Houston, Texas 77396
CAS#: 87-99-0	US Sales: 1-800-901-7247 International Sales: 1-281-441-4400
RTECS: ZF0800000	Order Online: ScienceLab.com
TSCA: TSCA 8(b) inventory: D-Xylitol	CHEMTREC (24HR Emergency Telephone), call: 1-800-424-9300
CI#: Not available.	International CHEMTREC, call: 1-703-527-3887
Synonym: D-xylo-Pentane-1,2,3,4,5-pentol	For non-emergency assistance, call: 1-281-441-4400
Chemical Formula: C5H12O5	

Section 2: Composition and Information on Ingredients

Composition:

Name	CAS #	% by Weight
{D-}Xylitol	87-99-0	100

Toxicological Data on Ingredients: D-Xylitol: ORAL (LD50): Acute: 22000 mg/kg [Mouse].

Section 3: Hazards Identification

Potential Acute Health Effects: Hazardous in case of inhalation. Slightly hazardous in case of eye contact (irritant), of ingestion.

Potential Chronic Health Effects:

Hazardous in case of inhalation.
Slightly hazardous in case of eye contact (irritant), of ingestion.
CARCINOGENIC EFFECTS: Not available.
MUTAGENIC EFFECTS: Not available.
TERATOGENIC EFFECTS: Not available.
DEVELOPMENTAL TOXICITY: Not available.
The substance is toxic to lungs.
Repeated or prolonged exposure to the substance can produce target organs damage.

Section 4: First Aid Measures

Eye Contact: Immediately flush eyes with running water for at least 15 minutes, keeping eyelids open. Cold water may be used.

Skin Contact: No known effect on skin contact, rinse with water for a few minutes.

Serious Skin Contact: Not available.

Inhalation: Allow the victim to rest in a well ventilated area. Seek immediate medical attention.

Serious Inhalation: Not available.

Ingestion:

Do not induce vomiting. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. If the victim is not breathing, perform mouth-to-mouth resuscitation. Seek immediate medical attention.

Serious Ingestion: Not available.

Section 5: Fire and Explosion Data

Flammability of the Product: May be combustible at high temperature.

Auto-Ignition Temperature: Not available.

Flash Points: Not available.

Flammable Limits: Not available.

Products of Combustion: These products are carbon oxides (CO, CO₂).

Fire Hazards in Presence of Various Substances: Not available.

Explosion Hazards in Presence of Various Substances:

Risks of explosion of the product in presence of mechanical impact: Not available.

Risks of explosion of the product in presence of static discharge: Not available.

Fire Fighting Media and Instructions:

SMALL FIRE: Use DRY chemical powder.

LARGE FIRE: Use water spray, fog or foam. Do not use water jet.

Special Remarks on Fire Hazards: Material in powder form, capable of creating a dust explosion.

Special Remarks on Explosion Hazards: Not available.

Section 6: Accidental Release Measures

Small Spill:

Use appropriate tools to put the spilled solid in a convenient waste disposal container. Finish cleaning by spreading water on the contaminated surface and dispose of according to local and regional authority requirements.

Large Spill:

Use a shovel to put the material into a convenient waste disposal container. Finish cleaning by spreading water on the contaminated surface and allow to evacuate through the sanitary system.

Section 7: Handling and Storage

Precautions:

Keep away from heat. Keep away from sources of ignition. Empty containers pose a fire risk, evaporate the

residue under a fume hood. Ground all equipment containing material. Do not ingest. Do not breathe dust. Wear suitable protective clothing. In case of insufficient ventilation, wear suitable respiratory equipment. If ingested, seek medical advice immediately and show the container or the label.

Storage:

Keep container dry. Keep in a cool place. Ground all equipment containing material. Keep container tightly closed. Keep in a cool, well-ventilated place. Combustible materials should be stored away from extreme heat and away from strong oxidizing agents.

Section 8: Exposure Controls/Personal Protection

Engineering Controls:

Use process enclosures, local exhaust ventilation, or other engineering controls to keep airborne levels below recommended exposure limits. If user operations generate dust, fume or mist, use ventilation to keep exposure to airborne contaminants below the exposure limit.

Personal Protection: Safety glasses. Lab coat.

Personal Protection in Case of a Large Spill:

Splash goggles. Full suit. Boots. Gloves. Suggested protective clothing might not be sufficient; consult a specialist BEFORE handling this product.

Exposure Limits: Not available.

Section 9: Physical and Chemical Properties

Physical state and appearance: Solid. (Powdered solid.)

Odor: Odorless.

Taste: Sweet.

Molecular Weight: 152.15 g/mole

Color: White.

pH (1% soln/water): Not available.

Boiling Point: 216 °C (420.8 °F)

Melting Point: 94 °C (201.2 °F)

Critical Temperature: Not available.

Specific Gravity: 1.52 (Water = 1)

Vapor Pressure: Not applicable.

Vapor Density: Not available.

Volatility: Not available.

Odor Threshold: Not available.

Water/Oil Dist. Coeff.: Not available.

Ionicity (in Water): Not available.

Dispersion Properties: See solubility in water, methanol.

Solubility:
Easily soluble in cold water.
Soluble in methanol.

Section 10: Stability and Reactivity Data

Stability: The product is stable.
Instability Temperature: Not available.
Conditions of Instability: Not available.
Incompatibility with various substances: Not available.
Corrosivity: Non-corrosive in presence of glass.
Special Remarks on Reactivity: Not available.
Special Remarks on Corrosivity: Not available.
Polymerization: No.

Section 11: Toxicological Information

Routes of Entry: Inhalation.
Toxicity to Animals: Acute oral toxicity (LD50): 22000 mg/kg [Mouse].
Chronic Effects on Humans: The substance is toxic to lungs.
Other Toxic Effects on Humans:
Hazardous in case of inhalation.
Slightly hazardous in case of ingestion.
Special Remarks on Toxicity to Animals: Not available.
Special Remarks on Chronic Effects on Humans: Not available.
Special Remarks on other Toxic Effects on Humans: Nuisance dust.

Section 12: Ecological Information

Ecotoxicity: Not available.
BOD5 and COD: Not available.
Products of Biodegradation:
Possibly hazardous short term degradation products are not likely. However, long term degradation products may arise.
Toxicity of the Products of Biodegradation: The products of degradation are more toxic.
Special Remarks on the Products of Biodegradation: Not available.

Section 13: Disposal Considerations

Waste Disposal:

Section 14: Transport Information

DOT Classification: Not a DOT controlled material (United States).

Identification: Not applicable.

Special Provisions for Transport: Not applicable.

Section 15: Other Regulatory Information

Federal and State Regulations: TSCA 8(b) inventory: D-Xylitol

Other Regulations: OSHA: Hazardous by definition of Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200).

Other Classifications:

WHMIS (Canada): CLASS D-2A: Material causing other toxic effects (VERY TOXIC).

DSCL (EEC):

This product is not classified according to the EU regulations.

HMIS (U.S.A.):

Health Hazard: 1

Fire Hazard: 1

Reactivity: 0

Personal Protection: a

National Fire Protection Association (U.S.A.):

Health: 1

Flammability: 1

Reactivity: 0

Specific hazard:

Protective Equipment:

Not applicable.

Lab coat.

Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate.

Safety glasses.

Section 16: Other Information

References: Not available.

Other Special Considerations: Not available.

Created: 10/10/2005 12:17 AM

Last Updated: 10/10/2005 12:17 AM

The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall ScienceLab.com be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential or exemplary damages, howsoever arising, even if ScienceLab.com has been advised of the possibility of such damages.

