

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE
PROCESADO DE RESIDUOS DE COSECHA DE
GIRASOL POR HIDRÓLISIS ÁCIDA

Autor: Ibán RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

Fecha: Octubre 2006





ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Memoria Descriptiva Anexo
2	Memoria Técnica y Cálculos Justificativos Anexo Gráfico
3	Pliego de Condiciones
4	Presupuesto
5	Planos



FACULTAD DE **CIENCIAS**
Título de Ingeniero Químico



**“DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE
PROCESADO DE RESIDUOS DE COSECHA DE
GIRASOL POR HIDRÓLISIS ÁCIDA”**

**DOCUMENTO N° 1:
MEMORIA DESCRIPTIVA**

Ibán Rodríguez Rodríguez

Octubre 2006

ÍNDICE.

DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA.

I.- MEMORIA DESCRIPTIVA.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES	Pág. 1
CAPÍTULO 2:DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Pág. 3
2.1. OBJETO.....	Pág. 3
2.2. JUSTIFICACIÓN	Pág. 3
2.3. VIABILIDAD	Pág. 5
2.3.1. VIABILIDAD TECNOLÓGICA.....	Pág. 5
2.3.2. VIABILIDAD ECONÓMICA	Pág. 6
2.3.3. VIABILIDAD LEGAL Y LABORAL	Pág. 6
2.4. UBICACIÓN	Pág. 7
2.4.1. DECISIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.....	Pág. 7
2.4.2. MERCADO Y DISPONIBILIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS ..	Pág. 8
2.4.2.1. GIRASOL	Pág. 8
2.4.2.2. ÁCIDO SULFÚRICO.....	Pág. 8
2.4.3. MERCADO DEL PRODUCTO	Pág. 8
2.4.4. SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE.....	Pág. 10
2.4.5. SUMINISTRO ELÉCTICO	Pág. 10
2.4.6. SUMINISTRO DE AGUA	Pág. 11
2.4.7. COMUNICACIÓN Y TRANSPORTE	Pág. 11
2.4.8. CLIMA.....	Pág. 11
CAPÍTULO 3: PROCESO DE FABRICACIÓN	Pág. 12
3.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 12
3.2. PRETRATAMIENTOS	Pág. 13
3.2.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 13
3.2.2. PRETRATAMIENTOS FISICOS	Pág. 14
3.2.3. PRETRATAMIENTOS QUÍMICOS	Pág. 17

3.2.4. PRETRATAMIENTOS BIOLÓGICOS	Pág. 19
3.3 HIDRÓLISIS	Pág. 19
3.3.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 19
3.3.2. HIDRÓLISIS ÁCIDA.....	Pág. 19
3.3.3. HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA.....	Pág. 21
3.4. TECNOLOGÍA ELEGIDA.....	Pág. 24
3.5. MODOS DE OPERACIÓN	Pág. 25
3.5.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 25
3.5.2. OPERACIÓN EN CONTINUO.....	Pág. 25
3.5.3. OPERACIÓN EN DISCONTINUO	Pág. 26
3.5.4. SELECCIÓN MODO DE OPERACIÓN	Pág. 27
CAPÍTULO 4: MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS	Pág. 28
4.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 28
4.2. MATERIAS PRIMAS	Pág. 29
4.2.1. ÁCIDO SULFÚRICO	Pág. 29
4.2.2. GIRASOL	Pág. 33
4.3. POLISACARIDOS	Pág. 34
4.3.1. CELULOSA.....	Pág. 35
4.3.2. HEMICELULOSA.....	Pág. 36
4.3.3. LIGNINA	Pág. 37
4.4. PRODUCTOS SECUNDARIOS	Pág. 38
4.4.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 38
4.4.2. FURFURAL E HIDROXIMETILFURFURAL	Pág. 39
4.3.3. ÁCIDO ACÉTICO.....	Pág. 40
CAPÍTULO 5: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA E INSTALACIONES.....	Pág. 41
5.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 41
5.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS.....	Pág. 41
5.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS EDIFICIOS	Pág. 42
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS Y DISEÑO.	Pág. 45
6.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 45
6.2. SILO DE ALMACENAMIENTO	Pág. 46

6.2.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 46
6.2.2. TIPOS DE SILOS	Pág. 46
6.2.3. ELECCIÓN DEL SILO	Pág. 47
6.3. MOLINOS, TRITURADORAS Y CORTADORAS.....	Pág. 48
6.3.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 48
6.3.2. TIPOS DE MOLINOS	Pág. 48
6.3.3. ELECCIÓN MOLINOS.....	Pág. 50
6.4. BANDA TRANSPORTADORA.....	Pág. 52
6.4.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 52
6.4.2. TIPOS DE TRANSPORTADORAS	Pág. 52
6.4.3. ELECCIÓN DE TRANSPORTADORA	Pág. 53
6.5. REACTOR DISCONTINUO.....	Pág. 55
6.5.1 INTRODUCCIÓN	Pág. 55
6.5.2. TIPOS DE REACTORES	Pág. 56
6.5.3. REACTOR EMPLEADO	Pág. 56
6.6. VÁLVULAS	Pág. 57
6.6.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 58
6.6.2. TIPOS DE VÁLVULAS.....	Pág. 58
6.6.3. ELECCIÓN DE VÁLVULAS	Pág. 59
6.7. BOMBAS.....	Pág. 61
6.7.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 61
6.7.2. TIPOS DE BOMBAS	Pág. 62
6.7.3. ELECCIÓN DE BOMBAS.....	Pág. 64
6.8. SENSORES.....	Pág. 65
6.8.1. TIPOS Y ELECCIÓN	Pág. 65
CAPÍTULO 7: CONTROL DE LA PLANTA	Pág. 67
7.1. DESCRIPCIÓN DEL AUTÓMATA.....	Pág. 67
7.2. CONTROL BÁSICO UNIDADES PRINCIPALES	Pág. 68
CAPÍTULO 8: PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN	Pág. 71
8.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 71
8.2. DIAGRAMA DE GANTT.....	Pág. 71
8.3. MANO DE OBRA	Pág. 73

CAPÍTULO 9: SEGURIDAD INDUSTRIAL	Pág. 76
9.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 76
9.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL.....	Pág. 76
9.3. ROTULACIÓN E IDENTIFICACIÓN	Pág. 80
9.4. TRANSPORTE	Pág. 81
9.5. RECIPIENTES.....	Pág. 82
9.6. CINTAS TRANSPORTADORAS	Pág. 83
9.7. EXPLOSIONES	Pág. 84
9.8. PROBLEMAS ELÉCTRICOS	Pág. 85
CAPÍTULO 10: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	Pág. 87
10.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 87
10.2. EFLUENTES	Pág. 87
10.3. EMISIONES A LA ATMÓSFERA	Pág. 88
10.4. AGUAS RESIDUALES.....	Pág. 88
10.5. RESIDUOS SÓLIDOS	Pág. 88
10.6. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	Pág. 89
10.7. IMPACTO VISUAL	Pág. 89
10.8. ANÁLISIS IMPACTO AMBIENTAL	Pág. 89
CAPÍTULO 11: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	Pág. 94
11.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 94
11.2. NIVELES DE INTERVENCIÓN	Pág. 95
11.3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	Pág. 97
11.4. PROGRAMA DE INSPECCIÓN	Pág. 98
11.5. COSTES DE MANTENIMIENTO.....	Pág. 98
CAPÍTULO 12: ECONOMÍA	Pág. 100
12.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 100
12.2. PRESUPUESTOS PARCIALES	Pág. 100
12.3. COSTES ANUALES DE OPERACION	Pág. 101
12.4. BENEFICIOS POR VENTAS	Pág. 101

CAPÍTULO 13: BIBLIOGRAFÍA	Pág. 102
13.1. LIBROS	Pág. 102
13.2. ARTÍCULOS	Pág. 103
13.3. OTROS.....	Pág. 107

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES

La biomasa es una de las fuentes de energía renovables con mayor potencial de utilización. Se puede definir como la energía solar convertida en materia orgánica por la vegetación, que se recupera como combustión directa, o transformando la materia orgánica en otros combustibles. Aunque el rendimiento real del proceso de conversión biológica de la energía solar es extremadamente bajo (alrededor del 1%), la gran superficie de distribución de la materia de origen vegetal sobre el planeta permite estimar su potencial como unas cinco veces el potencial eólico, aunque su aprovechamiento real presenta ciertas limitaciones: dispersión, difícil recolección y dificultades de transporte.[A.B. López-Silva, 2002]

Entre los diversos métodos de conversión de biomasa en energía se encuentra la fermentación alcohólica, en la que se utiliza tres tipos de sustancias como materia prima: celulósicas, azucaradas y amiláceas. La producción de etanol a partir de sustancias azucaradas ha sido desarrollada con éxito en Brasil, obteniéndose 14 billones de litros de etanol a partir de 286 toneladas de caña de azúcar durante la cosecha 1996-97[Zanin, G. M., 2000]. Sin embargo, la obtención de bioetanol a expensas de sustancias amiláceas parece ser una solución más pragmática para los países europeos, puesto que las prácticas de cultivo están muy extendidas, y además, en el proceso se generan subproductos.

A pesar de que actualmente el bioetanol parece ser el sustituto adecuado sustituto de las gasolinas, bien como único biocombustible, bien mezclado formando el gasohol, existen todavía una serie de inconvenientes entre los que destaca el precio del bioetanol, muy superior al de la gasolina. Los gobiernos, las industrias y las universidades han concentrado sus esfuerzos para desarrollar tecnologías que permitan producir bioetanol a un coste tal que se pueda sustituir a la gasolina en un 3-4% del volumen de consumo actual. En la última década, el programa ha tenido éxito al reducir el precio de obtención de bioetanol a partir de biomasa desde 0.95 \$/litro hasta 0.30\$/litro [Buczyc, J., 1999].

Debido a que la producción de bioetanol y biodiesel es mucho más costosa que la de la gasolina y el gasóleo, se hacen necesarias subvenciones a la inversión o a la explotación, bonificaciones impositivas o una combinación de medidas incentivadoras, a fin de estimular un uso más amplio de este tipo de aditivos bioenergéticos. En todo caso, los costes decrecientes de las materias primas agrícolas y las mejoras en la tecnología procesadora permiten augurar una reducción en los costes de los combustibles líquidos en un 30%. En la Unión Europea y en otras regiones del mundo se precisan factores como la estabilidad a largo plazo y la confianza en el proyecto de biocombustibles para estimular inversiones y reducir el riesgo inherente a procesos innovadores o emergentes. Rentabilidades moderadas, con dilatados períodos de “pay-back”, y sobre todo, la incertidumbre ligada a la evolución de precios y normas sobre carburantes y emisiones, son obstáculos mayores a una rápida evolución de la tecnología de los biocombustibles que justifican la intervención pública en una actividad en fase “start-up”.

Sin embargo, dentro de la Unión Europea, la aplicación con mayor proyección del bioetanol a corto plazo es su utilización como materia prima en la generación del etil ter-butil éter (ETBE), principal aditivo en la formulación de gasolinas sin plomo [Arias Vázquez, J.,2001]. Este hecho conlleva un fuerte incremento en la demanda de bioetanol, de forma que en España ya existe una instalación en Cartagena y otra en construcción en Teixeiro (A Coruña).

El coste del bioetanol depende de varios factores: las materias primas implicadas, el precio de mercado de los subproductos y derivados producidos simultáneamente con el biocombustible, el coste de la energía, la tecnología utilizada en el proceso de transformación y el tamaño de la planta. Por ello, la planta deberá estar ubicada estratégicamente en un terreno de bajo coste, dotado de la infraestructura básica requerida, bien comunicado y próximo al cliente o clientes potenciales.

CAPITULO2: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

2.1. OBJETO

El objetivo de este proyecto es el diseño de una planta piloto para la producción de azúcares simples. La capacidad de la planta será de 40.000 Kg al día aproximadamente.

Es necesario señalar que el diseño de la planta se centró en sus equipos principales, omitiéndose el diseño de todas las estructuras secundarias como son las redes eléctricas, bombas y edificación. Dentro del proyecto si que se contemplan algunos aspectos generales y un estudio económico de la planta.

Por otra parte, mediante la realización del presente proyecto se persigue la finalización, por parte del proyectista, de los estudios de Ingeniero Químico de la Universidad de Cádiz, mediante el acto de exposición y defensa del proyecto fin de carrera.

El proyecto está justificado ya que cubre dos necesidades en la actualidad, por un lado utiliza como materia prima, residuos agrícolas: tallos y cabezas de girasol y por otro lado, la producción de azúcares simples se puede utilizar para la producción de bioetanol que demanda la sociedad. Todo ello de una forma económicamente rentable. Asimismo se generará algunos empleos tanto directos como indirectos.

2.2. JUSTIFICACIÓN.

Se justifica la realización de este proyecto y se precisa el diseño de dicha planta debida a la generación de residuos agrícolas (tallos de girasol) en Andalucía, cuya existencia es inevitable y supone un problema ambiental evidente.

- Justificación desde el punto de vista medioambiental.

El artículo 12.3.5ª del Estatuto de Autonomía para Andalucía establece que los objetivos básicos de la Comunidad Autónoma. “..... el fomento de la calidad de vida del pueblo andaluz mediante la protección de la naturaleza y el medio ambiente.....” lo que permite que la Administración Autonómica pueda adoptar medidas y actuaciones con este objetivo.

Entre esas actuaciones está el Decreto 23/2001 de 13 de febrero por el que se establece el marco regulador de las ayudas a favor del medio ambiente que se concedan por la Administración de la Junta de Andalucía (siempre teniendo en cuenta el artículo 87 del Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea que regula las concesiones de ayudas públicas).

En este proyecto se realiza la “valorización” de un residuo que presenta una generación estacional elevada de forma que, utilizando como materia prima estos tallos de girasol cuyo destino final eran ser quemados “in situ”, y a través de un proceso limpio, se llega a un producto último (bioetanol) adecuado como sustituto de las gasolinas, reduciendo así las emisiones al ambiente y contribuyendo a los objetivos fijados por la Comunidad Europea en materia de biocombustibles.

Es por esto por lo que el Proyecto es susceptible de ser subvencionado y totalmente respaldado según el Decreto 23/2001 y la Directiva 2003/30/CE entre otras, y de contar con el favor de la administración para su autorización y puesta en funcionamiento, máxima si se tiene en cuenta que actualmente no se conceden autorizaciones para la quema “in situ” de estos residuos.

- Justificación desde el punto de vista económico y social

La puesta en marcha de una nueva instalación industrial viene siempre afectada por factores tanto económicos como sociales. Por tanto, se van a crear y modificar los indicadores económicos de la zona: creación de puestos de trabajo directos e indirectos, mayor riqueza de la región, aumento de la utilización de recursos (investigación por parte de la universidad, empresas de servicios auxiliares,...) , aceptación social, etc.

A todo ello se une además el emplazamiento escogido acertado debido a la gran susceptibilidad que presenta la zona de la Bahía de Cádiz respecto a la conservación del medio, ya que al ser éste un Proyecto con claros beneficios en es aspecto ecológico, y suponiendo además un elemento de crecimiento económico para la localidad, podrá ser tolerado por todos los sectores de la zona.

2.3. VIABILIDAD

2.3.1. VIABILIDAD TECNOLÓGICA

El objeto del presente proyecto es el diseño de una planta de producción de azúcares simples, que se destinará a la producción de bioetanol. En este apartado se describen las diferentes posibilidades para la producción de azúcares simples y poder así justificar la viabilidad tecnológica del proyecto.

Hay dos métodos para la producción de azúcares simples a partir de biomasa lignocelulósica que se diferencian en el tipo de hidrólisis.

Producción por hidrólisis ácida. El pretratamiento que sufre la materia prima hasta llegar a la hidrólisis es el mismo en ambos casos, en la hidrólisis ácida utilizamos ácido sulfúrico o ácido clorhídrico diluido para la obtención de azúcares simples. Este método no es muy selectivo, y la fracción obtenida debe someterse antes de fermentarla para obtener etanol a una etapa para eliminar el ácido.

Producción por hidrólisis enzimática. En este caso en lugar de usar ácidos diluidos utilizamos una enzima que cataliza la hidrólisis. Este proceso es mucho más selectivo y obtenemos mejores resultados en la producción de azúcares reductores, pero este tipo de enzimas es bastante caro, además tendríamos que adicionar una etapa de recuperación de la enzima.

La viabilidad tecnológica en la consecución del presente Proyecto viene respaldada por los siguientes aspectos:

- Estudios de investigación realizados con resultados satisfactorios.
- Sistemas similares implantados con éxito y actualmente en funcionamiento.
- Contraste experimental.

2.3.2. VIABILIDAD ECONÓMICA.

Su rentabilidad económica se pone de manifiesto a partir de los siguientes resultados:

- Análisis de rentabilidad. Valor comercial del producto obtenido.
- Estudio de mercado. Análisis de precios y de la competencia.
- Necesidad para provocar una disminución del impacto ambiental.
- Obligación de los organismos públicos competentes y/o el gobierno de facilitar su viabilidad con exenciones fiscales, subvenciones varias a la inversión y explotación de proyectos de innovación, política de fomento de biocombustibles, etc.

2.3.3. VIABILIDAD LEGAL Y LABORAL.

La viabilidad legal del presente proyecto va a venir respaldada por la política fiscal y medioambiental a nivel estatal y europeo relativa a los biocarburantes y a proyectos de innovación que supongan una reducción de la contaminación y potencien las fuentes de energía renovable.

Además, la planta propuesta se encuentra dentro del marco de la legalidad, puesto que el proceso no produce efluentes líquidos contaminantes.

En la planta se utilizará ácido sulfúrico como materia prima. Este producto y su almacenaje en la instalación obliga legalmente a disponer de un sistema de lucha contra incendios, y una serie de medidas de seguridad

adicionales en el interior de la planta, lo cual queda definido en el apartado de seguridad de la presente memoria.

Por todo ello se ha seguido lo indicado en el BOE núm. 181, de 30 de julio de 1991, así como la Instrucción Técnica Complementaria MIE APQ-001 sobre almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.

2.4. UBICACIÓN

2.4.1. DECISIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.

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

- Mercado y disponibilidad de las materias primas
- Mercado del producto
- Suministro de combustible
- Suministro eléctrico
- Suministro de agua
- Comunicaciones
- Clima

El lugar elegido debe estar perfectamente comunicado e integrado por medio de vías terrestres, marítimas y/o aéreas con Europa y el mercado nacional.

Además el lugar elegido debe tener un sistema económico con capacidad de crecimiento y proyección de futuro del Estado Español. Que tenga una economía moderna y dinámica, con una gran diversidad de sectores y unas tasas elevadas de la producción y el empleo.

Una vez estudiadas las diferentes posibilidades para la localización de la planta de producción de azúcares simples, se toma la decisión de ubicarla dentro del polígono industrial de las Aletas, situado en Puerto Real, recinto que se encuentra en una fase muy adelantada de construcción y que dispondrá de un total de 1.500.000 m² aproximadamente de zona industrial y comercial, y que está llamado a ser el de mayor capacidad industrial del sur de Andalucía, y cuyas características se describen más adelante.

2.4.2 MERCADO Y DISPONIBILIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS.

2.4.2.1 GIRASOL

Los tallos de girasol, con escasas aplicaciones actualmente constituyen un residuo que entorpece las labores agrícolas, por lo que normalmente, se quema sobre los propios terrenos de cultivo, contribuyendo a la contaminación del medio ambiente e incrementando los gastos de las explotaciones agrarias. La producción española se estima en unos 3,5 millones de toneladas anuales, siendo las Comunidades Autónomas más productivas las de Andalucía, Castilla y León y Castilla-La Mancha. Por tanto el transporte de la materia prima se realizará desde los campos de cultivo de girasol hasta la planta que se encuentra en la localidad de Puerto Real.

2.4.2.2 ÁCIDO SULFÚRICO.

Hay numerosas provincias productoras de ácido sulfúrico que pueden abastecer la planta, la única restricción es que exista una buena comunicación con la provincia donde esté situada nuestra planta. En Huelva hemos encontrado una fabrica de Fertiberia (ver ficha de seguridad en anexo memoria descriptiva), que puede abastecer nuestra planta.

2.4.3. MERCADO DEL PRODUCTO.

El producto obtenido será azúcares simples que pueden ser adquiridos por empresas para la producción de bioetanol.

El etanol puede utilizarse como único combustible, realizando modificaciones a los motores, o en mezclas con la gasolina desde un 10% hasta mezclas mucho más altas como el E-85(15% gasolina y 85% etanol), que puede utilizarse en los vehículos denominados FFV (Flexible Fuel Vehicle), equipados con un sensor de combustible que detecta la proporción etanol/gasolina, adaptando los sistemas de inyección e ignición a las características de la mezcla. Estos vehículos están disponibles en países como Estados Unidos, Brasil o Suecia.

En algunos países se prefiere utilizar mezclas de etanol con gasolina después de transformar el etanol en ETBE, producto principal de la reacción en la que interviene una molécula de etanol y otra de isobuteno. El ETBE es una alternativa al MTBE(metil terciario butil éter) que actualmente se está utilizando como producto oxigenado sustitutivo del tetraetilo de plomo para mejorar el índice de octano. El ETBE tiene un índice de octano y un poder calorífico ligeramente superior al MTBE y su rendimiento de fabricación, a partir del isobuteno, es más elevado.

64% Isobuteno + 36% Metanol → MTBE

55% Isobuteno + 45% Etanol → ETBE

El ETBE se puede producir en las mismas instalaciones en las que ahora se obtiene el MTBE, y en los países de la UE se acepta la incorporación del ETBE como mejorante de gasolinas hasta un porcentaje del 10% sin que tenga que realizarse un marcado especial, siendo su empleo totalmente aceptado por los fabricantes de automóviles. Su desventaja frente al MTBE es el mayor coste del etanol, obtenido por fermentación, frente al metanol de origen petroquímico, lo que hace que en la actualidad el ETBE sea más caro de producir.

Para mejorar la competitividad del bioetanol frente a los combustibles derivados del petróleo se deben reducir, los costes de producción, y para ello se

necesita reducir el precio de las materias primas, ya que suponen alrededor del 60% del coste final del etanol. Es necesario desarrollar nuevos cultivos y considerar la biomasa secundaria y los residuos orgánicos como recursos complementarios para la producción de biocombustibles. La utilización de biomasa lignocelulósica es, a medio plazo, la opción más prometedora para la obtención de etanol combustible a bajos costes, posibilitando que este producto pueda ser adoptado por la industria.

Debido a que la producción de bioetanol y biodiesel es mucho más costosa que la de la gasolina y el gasoleo, se hacen necesarias subvenciones a la inversión o a la explotación, bonificaciones impositivas o una combinación de medidas incentivadoras, a fin de estimular un uso más amplio de este tipo de aditivos bioenergéticos. En todo caso, los costes decrecientes de las materias primas agrícolas y las mejoras en la tecnología procesadora permiten augurar una reducción en los costes de los biocombustibles líquidos en un 30%.

2.4.4 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE.

El suministro de energía de la zona debe estar 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.

2.4.5 SUMINISTRO ELECTRICO.

El suministro de energía en la zona está garantizado, ya que la planta se situaría en una zona industrializada. La ubicación concreta no supone ningún

problema, ya que habría diversos centros de transformación ubicados en distintos puntos del polígono.

2.4.6 SUMINISTRO DE AGUA.

Uno de los factores más importantes a la hora de situar la planta es el suministro de agua. La ubicación de la planta debe asegurar el suministro suficiente y constante, durante todo el año, del agua necesaria para el funcionamiento del proceso. Por tanto es importante el estudio de la situación hidrográfica de la zona elegida.

Durante el diseño del Proyecto fin de carrera se intentará en todo momento economizar el consumo de agua, así como potenciar su reutilización.

2.4.7 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. El recinto, tiene próximos dos puertos marítimos (Cádiz y Algeciras) así como el aeropuerto de Jerez de la Frontera.

2.4.8 CLIMA

Se debe seleccionar una ciudad que proporcione un clima suave con numerosas horas de Sol, lo que supone un gran ahorro de energía y la posibilidad de desarrollar sistemas de utilización de la energía solar como fuentes de energía alternativa, actividad de futuro en el sector industrial.

CAPÍTULO 3: PROCESO DE FABRICACIÓN.

3.1 INTRODUCCIÓN.

Los procesos de conversión de celulosa a etanol pueden dividirse en dos grandes grupos:

- Procesos en dos etapas
- Procesos en una etapa

Procesos en dos etapas.

Este es el proceso que hemos seleccionado y concretamente la planta piloto diseñada se ocupará de la realización de la primera etapa. En los procesos en dos etapas la hidrólisis (ácida o enzimática) y la posterior fermentación se realizan por separado.

En los procesos que utilizan la vía enzimática, una parte de la biomasa pretratada se utiliza como sustrato para la obtención de enzimas. Una vez producidos los enzimas del complejo celulolítico se extraen del medio y se añaden al resto del material pretratado en un reactor de hidrólisis. La glucosa obtenida en este reactor pasa a otro, donde se realiza la fermentación mediante la acción de los microorganismos adecuados. La ventaja de este proceso es que, al estar separadas la etapa de hidrólisis y de fermentación, ambas pueden realizarse en sus condiciones óptimas. La etapa de hidrólisis se realiza a la temperatura óptima del enzima o del ácido que se emplee, mientras que la de fermentación se realiza a la temperatura óptima del microorganismo productor de etanol. Una de las principales desventajas del proceso en dos etapas es que, la glucosa y la celobiosa liberadas durante la etapa de hidrólisis, inhiben las enzimas implicadas en el proceso en el caso de hidrólisis enzimática, obteniéndose bajos rendimientos. Si en lugar de enzimas como catalizadores de la hidrólisis se emplea una hidrólisis ácida es necesario neutralizar los hidrolizados antes de la fermentación. Además, la generación de productos de degradación durante la hidrólisis puede afectar al microorganismo encargado de realizar la fermentación.

Procesos en una etapa.

En los procesos en una etapa la hidrólisis y fermentación se realizan en el mismo reactor. La principal ventaja de estos procesos, es que se reduce la inhibición por producto final que se produce en la operación en dos etapas, ya que la presencia de microorganismos fermentadores, junto con las enzimas reducen la acumulación de azúcar en el fermentador. Por ello se consiguen mejores tasas de hidrólisis que en el proceso de hidrólisis y fermentación por separado, necesitándose una menor cantidad de enzimas y obteniéndose como resultado un aumento de los rendimientos de etanol [Ballesteros,2000]. Otra ventaja es que se realiza en el mismo reactor con lo cual se reducen los costes de inversión. La principal desventaja de este proceso radica en la diferencia en las condiciones óptimas de pH y temperatura de la etapa de hidrólisis y fermentación. Por ello es necesario realizar el proceso en unas condiciones que sean compatibles con ambas etapas. Debido a la temperatura óptima de hidrólisis y la temperatura convencional a la que trabajan las levaduras productoras de etanol, es aconsejable la utilización de microorganismos termotolerantes cuando se quieran realizar procesos de obtención de etanol en una sola etapa. Los procesos en una etapa se pueden dividir en dos grupos: procesos en los que el mismo microorganismo produce los enzimas y realiza la fermentación, proceso conocido como conversión directa por el microorganismo (CDM); y procesos de sacarificación y fermentación simultánea (SFS), en los que se emplean celulasas provenientes de un microorganismo productor de etanol.

3.2 PRETRATAMIENTOS.

3.2.1.INTRODUCCIÓN.

Los objetivos fundamentales del pretratamiento van encaminados a: reducir la cristalinidad de la celulosa, dissociar el complejo celulosa-lignina, aumentar el área superficial del material y disminuir la presencia de aquellas sustancias que dificulten la hidrólisis. Además un pretratamiento eficaz deber

reunir otras características como: bajo consumo energético, bajos costes de inversión, utilización de reactivos baratos y fácilmente recuperables y debe ser aplicable a diversos sustratos.

Por su naturaleza los pretratamientos se pueden dividir en cuatro grupos: Físicos, fisico-químicos, químicos y biológicos.

3.2.2. PRETRATAMIENTOS FISICOS

➤ Trituración mecánica.

La trituración de los materiales lignocelulósicos mediante una combinación de astillado y molienda, reduce la cristalinidad de la celulosa, aumenta la superficie específica y la densidad aparente, facilitando la hidrólisis posterior. Existen diferentes tipos de molinos (molino de bolas, martillos, cuchillas, rodillos). Los molinos de bolas vibratorias se han mostrado más efectivos que los molinos de bolas ordinarios en la reducción de la cristalinidad. Este tipo de pretratamiento tiene el inconveniente de su alto consumo energético que depende, tanto del tamaño final de partícula al que se muele el material, como del tipo de material a pretratar. [Cadoche y López, 1998].

➤ Explosión por vapor.

El material lignocelulósico se somete a temperaturas entre 190-230°C, mediante la inyección directa de vapor saturado, durante un intervalo de tiempo entre 1 y 10 minutos. Tras el tiempo el pretratamiento, se somete el material a una rápida despresurización. El efecto del pretratamiento sobre la biomasa es una combinación de alteraciones físicas (desagregación y ruptura de las fibras) y químicas (despolimerización y rotura de enlaces). El efecto mecánico está causado por la despresurización rápida que provoca una evaporación del agua interna, creando unas fuerzas de cizalladura que producen la separación de las fibras, principalmente de las regiones más débiles (celulosa amorfa). El efecto químico se debe a la hidrólisis de los restos acetilos de las hemicelulosas produciendo

ácido acético, que a la temperatura del proceso, cataliza la hidrólisis de la hemicelulosa (auto hidrólisis). Durante el tratamiento se destruyen parcialmente los enlaces lignina-carbohidrato. Como resultado, se obtiene un producto fibroso cuya celulosa es más accesible a la hidrólisis. La hemicelulosa se despolimeriza en mayor o menor medida dependiendo de las condiciones del tratamiento, siendo fácilmente recuperada por lavado. La lignina, prácticamente sin alterar puede ser extraída y utilizada con diferentes fines.

Las variables más importantes en el pretratamiento de explosión por vapor son la temperatura, el tiempo de residencia, el tamaño de partícula y la humedad [Duff y Murray, 1996].

La explosión de vapor ha sido reconocida como un método muy efectivo para el pretratamiento de residuos agrícolas. Este pretratamiento se ha aplicado a deferentes materiales como el chopo, eucalipto, pino, paja de arroz, residuos herbáceos, residuos oleícolas, etc. Sin embargo, este pretratamiento se ha mostrado menos efectivo con determinados residuos, que tienen una estructura más rígida y mayor contenido en lignina, por lo que es deseable añadir un catalizador ácido (ácido sulfúrico o SO_2) [Torget y col. 1990,1991,1996; Nguyen y col., 1998, 1999, 2000; Tengborg y col. 1998].

Entre las ventajas del pretratamiento con explosión por vapor debe citarse que el tamaño de partícula del material requerido (15-30mm) es considerablemente superior a los utilizados en otros pretratamientos, reduciéndose costes en la molienda [Ballesteros, 2001]. Además, no emplea catalizadores ácidos con lo que se reducen los efectos medioambientales.

Entre sus limitaciones se encuentran, la destrucción de una parte de los xilanos de las hemicelulosas, la incompleta rotura de la matriz lignina-carbohidratos y la generación de compuestos que pueden resultar tóxicos para los microorganismos empleados en el proceso de fermentación tras la hidrólisis enzimática. Debido a la formación de estos compuestos, el material pretratado debe ser lavado con agua para eliminar estos productos inhibidores [Mc Millán, 1994]

Para maximizar la recuperación de azúcares en el pretratamiento de explosión por vapor se requieren diferentes condiciones de pretratamiento para la recuperación de los azúcares celulósicos y hemicelulósicos. Algunos autores [Stenberg y col., 1998; Tengborg y col., 1998] han sugerido un pretratamiento en dos etapas, la explosión por vapor en dos etapas tiene una serie de ventajas como son, mayor rendimiento en etanol, mejor aprovechamiento de la materia prima y consumo de enzimas en la fase de hidrólisis. Sin embargo, es necesario una evaluación económica para determinar si estas ventajas justifican una explosión de vapor adicional [Gaibe y Zacchi, 2002]

➤ Explosión por vapor con amoníaco (AFEX).

Es un proceso similar a la explosión por vapor en el que el material es impregnado con amoníaco líquido (1-2 Kg amoníaco/kg biomasa seca) a una temperatura en torno a los 90°C, y un tiempo aproximado de 30 minutos. Transcurrido este tiempo el material es sometido a una descompresión rápida.

Este tipo de pretratamiento ha sido empleado con diferentes tipos de sustratos como alfalfa, paja de trigo, bagazo, residuos sólidos urbanos, papel residual y paja de cebada y arroz. La diferencia con la explosión por vapor y otros tipos de pretratamientos ácidos, es que en este proceso no se solubiliza la hemicelulosa. La composición del material sometido a un proceso AFEX es prácticamente la misma que la del material original. Utilizando materiales con bajo contenido en lignina (hasta un 15%), se han obtenido rendimientos de hidrólisis de la celulosa y hemicelulosa del 90%, después del pretratamiento. Sin embargo, este proceso no es tan efectivo con biomasas con mayor contenido en lignina. En estos casos los rendimientos de hidrólisis han sido inferiores al 50% [Mc Millan, 1994].

Como ventajas del proceso pueden citarse que no se producen inhibidores que puedan afectar a las posteriores etapas del proceso de producción de etanol y no requiere pequeños tamaños de partícula para aumentar su eficiencia.

➤ Explosión con CO₂

Es un proceso similar a la explosión por vapor o al proceso AFEX. La explosión con dióxido de carbono se basa en el hecho que el CO₂ forma ácido carbónico, lo que aumenta la tasa de hidrólisis. Este proceso ha sido empleado en el pretratamiento de alfalfa, y se ha obtenido un rendimiento del 75% [Dale y Moreira, 1982]. Aunque los rendimientos son más bajos, los estudios realizados con bagazo de caña demostraron que este proceso es más barato que la explosión con amoníaco y no origina los compuestos inhibitorios que se originan durante la explosión por vapor [Zheng y col., 1998].

3.2.3. PRETRATAMIENTOS QUÍMICOS.

El objetivo de estos pretratamientos es solubilizar la fracción de lignina y modificar la estructura de la celulosa facilitando la acción de las enzimas. Entre los pretratamientos químicos se encuentra los tratamientos con agua caliente líquida, oxidación húmeda, ozono, álcalis, ácidos organosolventes y agentes oxidantes.

➤ Tratamiento con agua caliente líquida.

Consiste en someter a la biomasa a la acción de agua caliente en torno a una temperatura de 220°C durante un tiempo determinado [Van Walsun y col., 1996]. El reactor debe estar presurizado para mantener el agua en estado líquido. Durante este pretratamiento se recupera la mayoría de los pentosanos [Negro y col., 2003] y se obtiene un hidrolizado que no muestra inhibición en el proceso de fermentación posterior [Laser y col., 2002].

➤ Oxidación húmeda

El material lignocelulósico se somete a la acción de agua a elevadas temperaturas en presencia de oxígeno. Este tratamiento tiene la ventaja de no generar prácticamente productos de degradación como el furfural .

➤ Tratamientos con ozono

El ozono ha sido utilizado para degradar la lignina y la hemicelulosa de numerosos materiales lignocelulósicos como paja de trigo, bagazo, algodón, etc.[Vidal y Moliner, 1988]. La degradación se limita fundamentalmente a la lignina ya que la hemicelulosa es atacada ligeramente y la celulosa apenas si se ve afectada. El tratamiento con ozono tiene una serie de ventajas como la eliminación efectiva de la lignina, no origina productos tóxicos que afecten a los procesos posteriores y la reacción se produce a temperatura ambiente y presión atmosférica. Sin embargo, la gran cantidad de ozono empleado hace de este proceso un método caro.

➤ Hidrólisis con álcalis.

El tratamiento con NaOH diluida produce un hinchamiento de la biomasa, lo que conduce a un aumento del área superficial interna, un descenso de la cristalinidad, una separación entre las uniones estructurales entre la lignina y los carbohidratos y una rotura de la estructura de la lignina. El mecanismo de la hidrólisis alcalina de la biomasa parece estar basada en la saponificación de los enlaces ésteres intramoleculares que unen los xilanos de la hemicelulosa y otros componentes, como por ejemplo la lignina, u otros componentes de la hemicelulosa.

➤ Tratamiento con organosolventes

Se emplea una mezcla de disolventes orgánicos o acuosos junto con un catalizador ácido (clorhídrico o sulfúrico) para romper los enlaces internos de la lignina y la hemicelulosa. Entre los solventes orgánicos empleados en el proceso se encuentran: metanol, etanol, acetona y etilenglicol.[Thring y col., 1990]. También pueden emplearse ácidos orgánicos como el ácido oxálico, acetilsalicílico y salicílico. Con objeto de reducir costes y de evitar problemas en la etapa de fermentación posterior se deber reciclar los disolventes.

3.2.4. PRETRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

En este tratamiento el material lignocelulósico se somete a la acción de determinados microorganismos, como los hongos de la podredumbre blanca, marrón o blanda. El objetivo es degradar la lignina y la hemicelulosa, eliminando las barreras que protegen la celulosa y haciéndola más accesible al posterior ataque enzimático. Los hongos de la podredumbre marrón atacan principalmente a la celulosa, mientras que los de la blanca y blanda atacan la celulosa y la lignina. Las ventajas del pretratamiento biológico son el bajo requerimiento energético y las condiciones ambientales suaves en las que se produce el proceso. Como inconveniente debe citarse que la tasa de hidrólisis es demasiado lenta. Entre los hongos estudiados destaca *Phanerochaete chrysosporium*, que durante el metabolismo secundario en respuesta a limitaciones de carbono y nitrógeno, produce enzimas como la lignina peroxidasa y la peroxidasa dependiente de magnesio que degradan la lignina [Boominathan y Reddy, 1992].

3.3. HIDRÓLISIS

3.3.1. INTRODUCCIÓN

La biomasa lignocelulósica presenta una estructura compleja, compuesta de varias fracciones que deben ser procesadas por separado para asegurar una conversión eficiente de estos materiales a etanol. La fracción mayoritaria de la biomasa es la celulosa, compuestas por largas cadenas de glucosa unidas por enlaces $\beta(1-4)$ que, a su vez, se agrupan en estructuras superiores de gran cristalinidad. Esta estructura cristalina es la que dificulta la hidrólisis de la celulosa para la obtención de azúcares fermentables. La hidrólisis de la celulosa puede realizarse mediante procesos ácidos o enzimáticos.

3.3.2. HIDRÓLISIS ÁCIDA

La hidrólisis ácida consiste en un proceso químico que, mediante el empleo de catalizadores ácidos, transforma las cadenas de polisacáridos que forman la biomasa (hemicelulosa y celulosa) en sus monómeros elementales. La hidrólisis ácida de los materiales lignocelulósicos es un proceso conocido desde 1819 [Larsson, 2000], que alcanzó su mayor desarrollo durante las dos Guerras Mundiales, períodos en los que la escasez de petróleo hizo que se empleara masivamente la madera para la producción de etanol. Durante este período se desarrollaron numerosos procesos (Scholler, Madison), cayendo posteriormente en desuso por razones económicas. Este tipo de hidrólisis puede realizarse empleando diferentes clases de ácidos como el ácido sulfuroso, clorhídrico, fosfórico, nítrico y fórmico. Sin embargo, sólo los ácidos clorhídrico y sulfúrico han sido empleados a escala industrial [Oliva Domínguez J.M., 2003].

Los procesos industriales de hidrólisis ácida pueden agruparse en dos tipos: los que emplean ácidos concentrados y los que utilizan ácidos diluidos.

Los procesos que implican ácidos concentrados operan a baja temperatura, pudiendo obtenerse altos rendimientos de hidrólisis (superiores al 90% de la glucosa potencial). A pesar de esto, la gran cantidad de ácido empleado en la impregnación del material a tratar y lo costoso de su recuperación, unido a los efectos corrosivos de los ácidos concentrados obliga a altas inversiones en los equipos, hacen que el proceso no sea rentable. Además, tiene el problema asociado de que es necesario una costosa etapa de neutralización antes de la fermentación [Keher, 1996]. Sin embargo, los procesos que utilizan ácidos concentrados han adquirido un renovado interés debido a nuevos métodos que mejoran la economía de recuperación de los ácidos, desarrollados por varias compañías como Arkenol (California) y APACE (Australia) [Katzen, 1997].

Los procesos que emplean ácidos diluidos tienen su principal ventaja en el consumo de ácidos relativamente bajo. Sin embargo, se requieren altas temperaturas para alcanzar rendimientos aceptables de conversión de celulosa a glucosa. El máximo rendimiento en glucosa se consigue a altas temperaturas y tiempos de residencia cortos. Este tipo de procesos operan a una temperatura de

240°C, una concentración de ácido de 1%(p/v) y un tiempo de reacción de 6-12 segundos. Aún así, bajo estas condiciones los mejores rendimientos alcanzados están en torno al 60% del rendimiento teórico. Las temperaturas que se emplean en estos procesos originan, por un lado, una mayor corrosión de los equipos empleados y, por otro lado, aumenta la tasa de degradación de los azúcares hemicelulósicos los cuales pueden afectar a la posterior etapa de fermentación.

Con objeto de disminuir la degradación de los azúcares originados en la hidrólisis, se puede utilizar un proceso en dos etapas. En la primera etapa y bajo condiciones más suaves, se produce la hidrólisis de la hemicelulosa, que por su estructura resulta más fácilmente hidrolizable. Esto permite que, durante la segunda etapa y bajo unas condiciones más severas, se produzca la hidrólisis de la celulosa, evitándose la degradación de los azúcares hemicelulósicos producidos en la primera etapa. Mediante los procesos en dos etapas es posible conseguir hasta un 98% de recuperación de los azúcares hemicelulósicos. Sin embargo los rendimientos en glucosa no superan el 50% [Nguyen y col., 1999]. En Estados Unidos BCI comercializa la tecnología de hidrólisis en dos etapas con ácido diluido. En la primera etapa se produce la hidrólisis de la hemicelulosa en unas condiciones suaves (170-190°C) y, en la segunda etapa, se hidroliza la celulosa en unas condiciones más severas (200-230°C) [Wyman, 1999]. Las altas temperaturas que se requieren para la hidrólisis de la celulosa hacen que se originen productos de degradación de los azúcares, que además de disminuir el rendimiento del proceso, pueden afectar a la posterior etapa de fermentación.

3.3.3. HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA

La hidrólisis enzimática es un proceso catalizado por un grupo de enzimas denominadas genéricamente celulasas, que son en realidad, una mezcla de distintas actividades enzimáticas cuya acción conjunta produce la degradación de la celulosa. Las plantas superiores, algunos invertebrados y principalmente microorganismos (hongos y bacterias) son promotores de este tipo de enzimas. Las celulasas de origen fúngico, principalmente de los géneros *Trichoderma*, *Phanerochaete* y *Fusarium*, han sido las más estudiadas por la capacidad de estos

microorganismos de producirlas en grandes cantidades y de forma extracelular, facilitando su separación de los medios de cultivo.

El complejo celulolítico de hongos está formado por distintos componentes que actúan sinérgicamente. Este sistema enzimático tiene tres tipos diferentes de actividad cuya denominación y mecanismo de acción son los siguientes [Montenecourt y Eveleigh, 1979]:

1. Endo- β -glucanasas
 - β -(1,4)-glucanglucanohidrolasa

2. Exo- β -glucanasas
 - a. β -(1,4)-glucancelobiohidrolasas
Celobiohidrolasa

 - a. β -(1,4)-glucanclucanohidrolasas
Glucanohidrolasa

3. β -glucosidasa

La endoglucanasa actúa al azar en el interior del polímero, hidrolizando enlaces β -(1,4) y generando nuevos finales de cadenas no reductores. Puede actuar sobre celodextrinas y derivados sustituidos como carboximetilcelulosa (CMC) e hidroximetilcelulosa (HMC), así como celulosa amorfa, pero no actúa ni sobre celulosa cristalina ni sobre celobiosa. Supone, aproximadamente un 20% total de proteínas del complejo.

La celobiohidrolasa actúa sobre los extremos no reductores de la cadena generados por la endoglucanasa, liberando moléculas de celobiosa. Este enzima tiene actividad sobre celulosa cristalina y amorfa, y sobre celodextrinas, pero no actúa sobre derivados sustituidos ni sobre celobiosa. Este enzima constituye del 50-80% del complejo celulolítico.

La glucohidrolasa se encuentra en pequeña proporción y actúa sobre los extremos no reductores liberando unidades de glucosa. Tiene actividad sobre celulosa amorfa, celo-oligosacáridos y CMC.

La β -glucosidasa hidroliza celobiosa y oligosacáridos de pequeño tamaño, y es absolutamente necesaria para evitar la fuerte inhibición que sobre las endo y exoglucanasas produciría la celobiosa si se acumulara en el medio de reacción. Un esquema del mecanismo de acción de las celulasas se representa en la figura

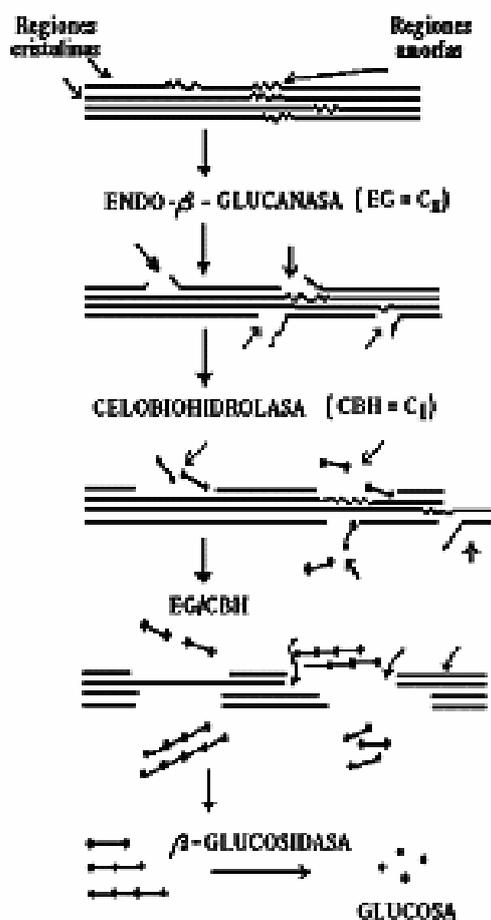


Figura 3.1 Mecanismo de acción de las celulasas

[Oliva Domínguez J.M., 2003]

Si se añaden celulasas al material lignocelulósico la hidrólisis de la celulosa es demasiado lenta, debido a la asociación de esta con la lignina que constituye una barrera física a la penetración de los enzimas. Otros factores como

la porosidad (área superficial accesible), la cristalinidad de la celulosa, el grado de polimerización y el contenido en lignina y hemicelulosa dificultan la accesibilidad de las celulasas reduciendo la eficiencia de la hidrólisis. Todos estos factores hacen necesaria una etapa de pretratamiento, previa a la hidrólisis de la celulosa, que altere la estructura del material lignocelulósico facilitando la acción de los enzimas.

3.4. TECNOLOGÍA ELEGIDA.

Una vez visto los tipos de pretratamientos e hidrólisis para el diseño de la planta objeto de estudio debemos de elegir los procesos que mejor se adecuen a las necesidades, así de los tipos de hidrólisis seleccionaremos una hidrólisis ácida, ya que aunque tiene los inconvenientes descritos en el apartado anterior, es la mejor de las posibilidades por los siguientes motivos:

- El consumo de ácidos es relativamente baja para la hidrólisis.
- Los costes de una hidrólisis enzimática a esta escala son mayores debido al coste de las propias enzimas.
- El tiempo de operación de una hidrólisis enzimática es mucho mayor (72 horas aproximadamente) además de que habría que introducir una etapa posterior de recuperación de la enzima.

El producto obtenido tras la hidrólisis ácida tendrá que ser enviado a un proceso de desacidificación y a partir de ahí se obtendrá ácido lo que hará más rentable el proceso. Los residuos obtenidos tras la hidrólisis se recogerán en un tanque y serán enviados a un centro de reciclaje para su gestión, por parte de un gestor autorizado.

En cuanto al pretratamiento, el más idóneo es una explosión por vapor por los siguientes motivos:

- Se consigue una mayor accesibilidad a la materia prima cuando pasa a la fase de hidrólisis ácida.

- Se obtiene un mayor rendimiento en la obtención de azúcares simples.
- El tamaño de partícula del material requerido es considerablemente superior a los utilizados en otros pretratamientos, reduciéndose costes en la molienda

Destacar que nuestro proceso no llevará un pretratamiento de explosión de vapor ya que las condiciones que se alcanzan en el reactor para llevar a cabo la hidrólisis es suficiente para producir el efecto de la explosión de vapor y así se obtiene un proceso más rentable.

3.5. MODOS DE OPERACIÓN.

3.5.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se exponen los posibles modos de operación en la planta para realizar la elección óptima del mismo. Se va a realizar una comparación entre la operación en continuo y en discontinuo, que permite optar por la más acertada para el diseño de la planta.

Esta elección se realizará sobre la base de determinados criterios que condicionan la viabilidad de un modo u otro, en función de la alternativa escogida para el proceso de fabricación.

El modo de operación a seguir dependerá de los siguientes factores:

- Escala de producción prevista (en función de la demanda del mercado y otros factores).
- Características de la materia prima
- Nivel de exigencia en cuanto al control de calidad de productos
- Coste de inmovilizado inicial y costes de operación.

3.5.2. OPERACIÓN EN CONTINUO.

Esta opción sería conveniente para aquellos casos en que la tasa de producción anual instalada fuera muy alta, y cuando el material de partida no presentara variaciones. Además el proceso continuo supone una fácil adquisición y construcción del equipamiento de la planta, y los materiales para su construcción poseen reducidos costes relativos, con lo que el coste de inversión inicial inherente se vería reducido.

Sin embargo, estas plantas son muy susceptibles a averías, debido a la menor flexibilidad que presentan. Esto hace que el equipo no responda adecuadamente siempre de manera que se precisa un riguroso control de proceso de la planta.

Este proceso estará muy automatizado y se trabajará con un circuito cerrado. En caso de producirse una anomalía, el proceso ya se habrá parado, con las consecuentes pérdidas que supondrán una parada de planta. Además, supone la instalación de sofisticados equipos de control.

3.5.3. OPERACIÓN EN DISCONTINUO. O BATCH

En base a estudios económicos, se confirma que para bajas capacidades de producción, es aconsejable que el proceso se lleve a cabo de forma discontinua, para poder asegurar la rentabilidad de la planta.

Difiere del continuo en que se utilizan distintas fases, tanto de dosificación como de mezcla, trasvases de los productos a lo largo del recorrido de la cadena del proceso y siempre bajo la vigilancia de un operario, resultando al final el mismo resultado.

Los procesos batch proporcionan excelentes oportunidades para el control de calidad si se dan variaciones en la composición de la materia prima. Esta es la mayor ventaja que presentaría este modo de operar en el caso particular de este proceso, ya que si la materia prima varía significativamente en cuanto a su

composición, y no es posible la supervisión en continuo, el modo batch puede permitir mejor el ajuste del proceso al material de partida.

3.5.4. SELECCIÓN DEL MODO DE OPERACIÓN.

A partir del análisis realizado, se opta por la opción de producción en discontinuo, debido principalmente a las siguientes razones:

- La escala productiva será reducida.
- Existe variabilidad en la materia prima a tratar.
- Versatilidad y facilidad en el control del proceso.
- Reducción de averías y paradas de emergencia.
- Mayor garantía de la calidad el producto final.

El proceso elegido se va a caracterizar por cuanto el equipamiento de la planta será de fácil obtención y construcción. Se realizará un pretratamiento de la materia prima (molienda), equipos de alta fiabilidad y con costes de inversión y de gestión aceptables, que hará aumentar la eficiencia del proceso de forma significativa.

La producción de bioetanol es un negocio innovador en toda la región andaluza, lo que implica que hay que estudiar el efecto que tendrá su salida (plan de marketing). Por eso, su inserción en el mercado será progresiva hasta encontrar su espacio. Además recordemos que la materia prima es una fuente de alta disponibilidad, pero que se limita a la épocas del año en que se realizan cosechas de girasol. Estas son dos circunstancias que apoyan la opción batch, debido a que el estudio de mercado realizado indicará que una producción a baja-media escala será más adecuada en función de las características de dicho mercado y del producto.

CAPÍTULO 4: MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS.

4.1 INTRODUCCIÓN

Antes de realizar la descripción de las diferentes sustancias que intervienen en este proceso, se realizará una introducción sobre la biomasa como fuente de energía.

Bajo el término biomasa se incluye toda la materia orgánica que tiene su origen inmediato en un proceso biológico. La formación de biomasa vegetal a partir de luz solar se lleva a cabo mediante fotosíntesis, gracias a la cual se forman moléculas de alto contenido energético en forma de energía química. La producción de biomasa a escala global en el planeta es muy alta, estimándose que la fotosíntesis fija anualmente $2,2 \cdot 10^{11}$ toneladas de peso seco de biomasa, lo que supone unas diez veces la demanda energética mundial.

Atendiendo a su origen, la biomasa se puede clasificar en:

- Biomasa natural, producida en los ecosistemas naturales. Aunque es una de las principales fuentes energéticas en los países en vías de desarrollo, no es la más adecuada para un aprovechamiento energético masivo, ya que podría originar una rápida degradación de los ecosistemas.
- Biomasa residual, generada como residuo en los procesos productivos de los sectores agrícola, forestal e industrial. Los residuos agrícolas proceden de los cultivos leñosos herbáceos, destacando los producidos en los cultivos de cereal. Los de origen forestal proceden de los tratamientos silvícolas, de mejora y mantenimiento de los montes y masas forestales. También se pueden considerar incluidos en este grupo los residuos de la industria papelera y la fracción orgánica de los residuos domésticos e industriales, los cuales no sólo no tienen valor económico en el contexto en que se generan, si no que suelen provocar problemas ambientales en su eliminación, como es el caso que tratamos, los residuos del girasol.

- Cultivos energéticos son aquellos dedicados a la producción de biomasa para su utilización energética con fines no alimentarios. Se diferencian dos tipos: los orientados a la producción de materiales leñosos con especies de crecimiento rápido, y los orientados a la producción de especies vegetales anuales.

4.2. MATERIAS PRIMAS

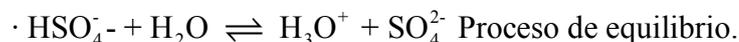
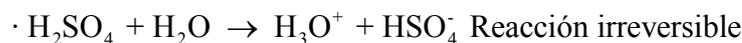
4.2.1. ÁCIDO SULFÚRICO.

De entre los centenares de compuestos químicos inorgánicos es, sin duda, uno de los más conocidos y de los más popularmente temidos. Se producen muchos miles de toneladas en el mundo anualmente y, de hecho, el nivel de producción de ácido sulfúrico de un país es indicativo de su desarrollo industrial. Esta aparente contradicción está sobradamente justificada por la multitud de aplicaciones de este compuesto.

El Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) y Sus Propiedades Ácido-Base

El concepto de un ácido o una base se ha establecido a partir de diversos puntos de vista. De la forma más sencilla, se define a un ácido como un compuesto capaz de ceder protones (H⁺) al agua y a una base como una sustancia que cede iones OH⁻ al agua. El ácido sulfúrico es capaz de ceder los dos protones que tiene al agua. Sin embargo, el concepto de ácido o base es mucho más amplio. Según la definición de Lewis, que es la más general, un ácido es una sustancia que forma enlaces covalentes aportando orbitales electrónicos vacíos y la base es la sustancia que forma enlaces covalentes aportando pares electrónicos sin compartir. Esta definición es también aplicable al ácido sulfúrico, ya que los protones H⁺, son iones que necesariamente se enlazan sin poder aportar ningún electrón, puesto que no tienen. Para que un ácido actúe como tal, tiene que hacerlo con un compuesto que actúe como base. Éste es el caso del agua, que, teniendo doble carácter (ácido o base según con qué reaccione, por eso se dice que es

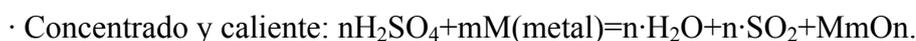
anfótera), capta los protones que le cede el ácido sulfúrico, a partir de las reacciones (simplificadas):



El primer proceso es irreversible, ocurre en toda su extensión, mientras que el segundo ocurre en un determinado porcentaje, por eso se dice que es un proceso de equilibrio.

Otras Propiedades

El ácido sulfúrico industrial tiene una pureza del 98% y es un líquido transparente muy denso ($d=1,8\text{g/cc}$, casi el doble que el agua) y viscoso, por lo que se le conoce como aceite de vitriolo. Su punto de ebullición es bastante alto (290°C). Tiene una enorme afinidad por el agua, en la que se disuelve violentamente generando una gran cantidad de calor. Por tanto es un poderoso deshidratante, propiedad que se deja notar especialmente cuando entra en contacto con compuestos orgánicos o tejidos vivos, a los que extrae toda el agua, carbonizándolos. Una de las razones por la que el ácido sulfúrico es deshidratante es porque suele venir acompañado de una cantidad variable de su forma anhidra, SO_3 , que tiende a reaccionar con agua para dar la forma hidratada H_2SO_4 . El ácido sulfúrico actúa también como oxidante de compuestos orgánicos e inorgánicos y puede hacerlo diluido o concentrado, a partir de las reacciones siguientes:



En la primera reacción el agente oxidante es el protón, H^+ , mientras que en la segunda reacción es el anión SO_4^{2-} el que actúa como agente oxidante.

Aplicaciones:

El ácido sulfúrico posee un sinnúmero de aplicaciones entre las que se pueden destacar las siguientes:

- Reactivo y medio disolvente para los procesos de síntesis orgánica.
- Disolvente de muestras tales como metales, óxidos metálicos y compuestos orgánicos.
- Fabricación de fertilizantes, pinturas, pigmentos y explosivos.
- En la industria textil se emplea para el proceso de blanqueo y la eliminación de impurezas metálicas en telas.
- Refinamiento del crudo de petróleo.
- Desarrollo de leucotinas y neutralización de tratamientos alcalinos.
- Electrólito (sustancia que se usa como fuente de iones) en pilas y baterías, muy comúnmente usado en las baterías de los automóviles.
- Agente desecante, principalmente de sustancias gaseosas, en los laboratorios de síntesis.
- Agente desatascador de tuberías de plástico de uso doméstico e industrial, por su capacidad para disolver impurezas de todo tipo.

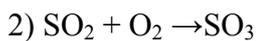
Método de obtención.

La materia prima para la producción del ácido sulfúrico (Planta tipo de contacto), es el azufre en flor. El proceso consiste en los siguientes pasos:

- 1) Fundir el azufre, con vapor (dentro de serpentines), para eliminarle la humedad y las impurezas y ser bombeado al quemador.
- 2) Quemar el azufre para formar el gas dióxido de azufre (SO₂).
- 3) Combinación del gas SO₂ con oxígeno (O₂), para formar al trióxido de azufre (SO₃).— Esto es en presencia del catalizador pentóxido de vanadio.
- 4) Combinar el trióxido de azufre con agua (H₂O) y para formar una solución conteniendo 98–99% de ácido sulfúrico (H₂SO₄).

Las reacciones químicas en forma simplificada son las siguientes:





La conversión de SO_2 a SO_3 se lleva a cabo en el convertidor, el cual tiene cuatro capas del catalizador pentóxido de vanadio (el cual no se afecta ni consume), el oxígeno para esta reacción proviene del exceso de oxígeno en el quemador y del aire que se le agrega para enfriar los gases que entran al tercer paso. Para lograr una buena conversión el operador tiene que tener un control exacto de las temperaturas en los cuatro pasos del convertidor. El gas SO_3 que se ha formado en el convertidor, aunque sea enfriado adecuadamente no se combina directamente con el agua pero si puede combinarse indirectamente, absorbiendo el SO_3 en ácido de 98–99% en la torre de absorción. Bajo estas condiciones el SO_3 se une inmediatamente con el agua existente en el ácido.

Impacto ambiental y efectos en la salud.

Efectos en la Salud – se debe tener especial cuidado cuando se trabaje con ácido sulfúrico concentrado. Es necesario estar totalmente protegido con ropa de goma, cobertor para la cara, guantes y botas. Este ácido puede liberar dióxido de azufre gaseoso, cuyo nivel de toxicidad es bastante alto y al contacto con el cuerpo ocasiona graves quemaduras. El contacto reiterado con soluciones diluídas puede producir dermatitis, en tanto la inhalación prolongada o frecuente del vapor de ácido sulfúrico puede causar una inflamación del aparato respiratorio superior, que puede conllevar a una bronquitis crónica. El ácido sulfúrico es un oxidante ácido muy potente que se inflama e incluso puede explotar en contacto con muchos materiales, entre ellos ácido acético, hidróxido de amonio, cal, glicol etileno y muchos otros compuestos. Cuando se le mezcla con agua produce una reacción bastante exotérmica. Para evitar el riesgo de una potencial explosión, no se deberá añadir agua al ácido concentrado. El ácido deberá ser agregado al agua.

Efectos Ambientales – el principal impacto ambiental del ácido sulfúrico es sobre el pH del agua. El rango de pH acuoso que no es del todo letal para los peces es de 5–9. Por debajo de un pH de 5,0 se produce una rápida disminución

de las especies de peces y de la biota que los sustenta. El impacto ambiental secundario del ácido sulfúrico está en que su presencia que incrementa la toxicidad de otros contaminantes, tales como los sulfuros y los metales, a través de su disolución. Se deberá neutralizar, a la mayor brevedad posible, los derrames de ácido sulfúrico en el suelo. Es normal que una fracción significativa del ácido derramado en el suelo sea neutralizada por los constituyentes del propio suelo. Sin embargo y como medida precautoria, se deberá añadir cal para completar la neutralización. Por lo general, el ácido sulfúrico es transportado en camiones cisterna y almacenado en instalaciones en la superficie para almacenamiento a granel. La concentración de ácido entregado se encuentra entre el 93 y 95% de H_2SO_4 , mientras las concentraciones excedan el 90%; puede utilizarse acero corriente para los materiales de construcción. Todas las instalaciones para productos a granel deberán contar con dispositivos de contención secundaria y estar contruidos de material que no reaccione (y por lo tanto reduzca la fuerza del H_2SO_4) con el ácido. Se deberá desarrollar procedimientos especiales para la descarga del ácido para reducir al mínimo los posibles derrames y el riesgo de daños a los trabajadores.

4.2.2. EL GIRASOL

El girasol pertenece a la familia de las Asteraceas, la mayor de las plantas vasculares. Pertenecen a esta familia los ásteres, crisantemos, dalias, caléndulas y zinias. El nombre común –girasol– y el botánica –*Helianthus* del griego *helios*, sol y *anthos*, flor- se debe a la propiedad que tienen la planta de volverse hacia el sol durante el día. El movimiento heliotrópico de la cabeza se produce por la torsión del tallo y se denomina mutación. Al atardecer el tallo retoma lentamente a su posición erguida y el amanecer encuentra la cabeza mirando otra vez al este. Cuando la cabeza llega a la antesis, el momento que las flores se abren, la mutación cesa y los capítulos permanecen mirando al sol. La cabeza recibe el nombre de capítulo, formado por cientos de flores pequeñas, llamadas flores tubuladas, distribuidas en espiral. En la parte externa, al borde del capítulo, están las estructuras radiales, típicas hojas amarillas que semejan pétalos y se denominan lígulas o flores liguladas. No tienen función reproductora directa, sin

embargo sirven de atracción para las abejas y otros insectos que en la búsqueda de néctar, resultan útiles para el proceso de polinización. Las flores fecundadas desarrollan un fruto, llamado aquenio o cipsela, que contienen en sus interior la semilla o pipa. En general, en forma cotidiana se utiliza el vocablo semilla para referirse al quenio. Un capítulo contiene al madurar entre 250 y 1500 aquenios. La mayor cantidad de semillas se da en la plastas de un solo capítulo. En las plantas multifloras hay pocas semillas. El capítulo en su dorso está conformado por una serie de brácteas verdes llamadas filarias. [Asagir, Abril 2003]

En España son abundantes diversos residuos agrícolas, que no tienen aplicaciones actuales y, en cambio, suponen costes para las explotaciones agrarias, derivados de su recogida, transporte y eliminación, que a veces también da lugar a problemas adicionales como el aumento de la polución de la atmósfera, plagas, etc.

Análisis %	Tipo de residuo agrícola					
	Paja de trigo	Tallos de girasol	Tallos de sorgo	Sarmientos de vid	Tallos de algodón	Podas de olivo
Solubilidad en agua fría	10,13	22,66	22,34	9,94	3,41	15,6
Solubilidad en agua caliente	12,49	22,72	21,7	11,58	3,33	17,26
Solubilidad en sosa al 1%	41,49	47,81	41,64	29,25	20,34	30,04
Extraíbles con etanol-benceno	4,01	4,07	7,99	4,6	1,42	12,24
Cenizas	6,49	7,90	4,85	2,78	2,17	1,04
Holocelulosa	76,2	71,76	65,93	74,81	72,86	69,14
Lignina	17,28	13,44	15,64	23,43	21,45	17,55
celulosa	39,72	42,10	41,5	35,61	42,26	41,09
Hemicelulosa	36,48	29,66	24,43	39,2	30,6	28,05

Tabla 4.1. Características morfológicas y fisiológicas [Jiménez L., Jiménez R., Rodríguez A., Calero a. Y Mutje P., 2002].

4.3. POLISACARIDOS.

El componente polisacárido comprende carbohidratos de alto peso molecular (celulosa y hemicelulosa), que representa entre el 60-80% del total de los materiales lignocelulósicos.

4.3.1. CELULOSA.

La celulosa, componente mayoritario de las paredes celulares de los tallos de girasol, es un polímero lineal de β -D-Glucosa con un peso molecular de aproximadamente 500.000. Las moléculas individuales de glucosa están unidas por enlaces β -(1,4), según se muestra en la figura 4.1. El número de azúcares de cadena (grado de polimerización G.P.), varía en los diferentes materiales celulósicos.

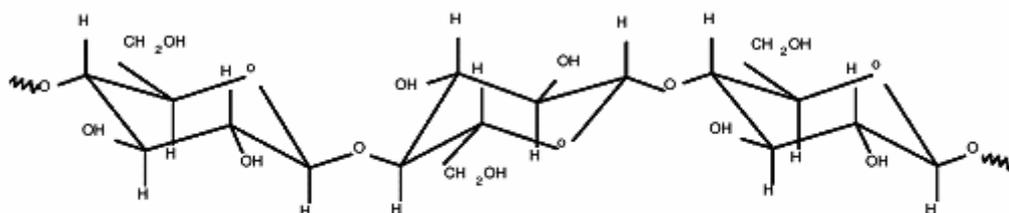


Figura 4.1 Estructura primaria de la celulosa
[Oliva Domínguez J.M., 2003]

El anillo de piranosa está en conformación $4C_1$, es decir, que los grupos $-\text{CH}_2\text{OH}$ y $-\text{OH}$, así como los enlaces glucosídicos, están en posición ecuatorial con respecto al plano medio del anillo, y los átomos de hidrógeno en posición axial.

Cuando la molécula de celulosa está completamente extendida y toma forma de cinta aplanada, con los grupos $-\text{OH}$ sobresaliendo lateralmente, se pueden formar puentes de hidrógeno inter e intramoleculares. La superficie de la cinta, compuesta por átomos de hidrógeno unidos directamente al carbono, es hidrofóbica. Estas dos características de la estructura molecular son las

responsables de su estructura supramolecular, y determina muchas de las propiedades físicas y químicas de la celulosa.

4.3.2 HEMICELULOSA

Las hemicelulosas están constituidas por polímeros de unidades de anhidro azúcares unidas por enlaces glucosídicos, formadas por más de un tipo de azúcar (hexosas o pentosas), y además presentan ramificaciones y sustituciones. Su papel es suministrar la unión entre la lignina y la celulosa. En estado natural existe en forma amorfa con un grado de polimerización que no excede de 200(G.P.).

Existen dos tipos de hemicelulosas que son: los xilanos y los glucomananos.

Las hemicelulosas predominantes en la mayoría de los residuos agrícolas son los xilanos, un polímero de unidades de β -xilopiranosas unidas por enlaces β -(1,4), que presenta ligeras ramificaciones. En los xilanos los grupos hidroxilo, pueden estar sustituidos por grupos 4-O-metilglucurónico unidos por enlaces α -(1,2), y por grupos acetilo unidos a través de enlaces éster a posiciones 2 y 3 del anillo de pentosa (Figura 4.2)

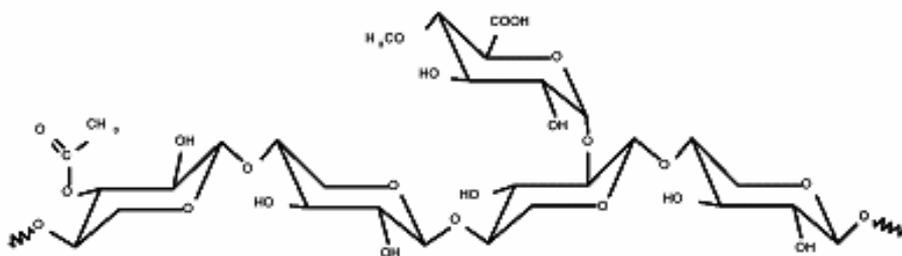


Figura 4.2. Estructura del O-acetil-4-O-metilglucoronoxilano

[Oliva Domínguez J.M., 2003]

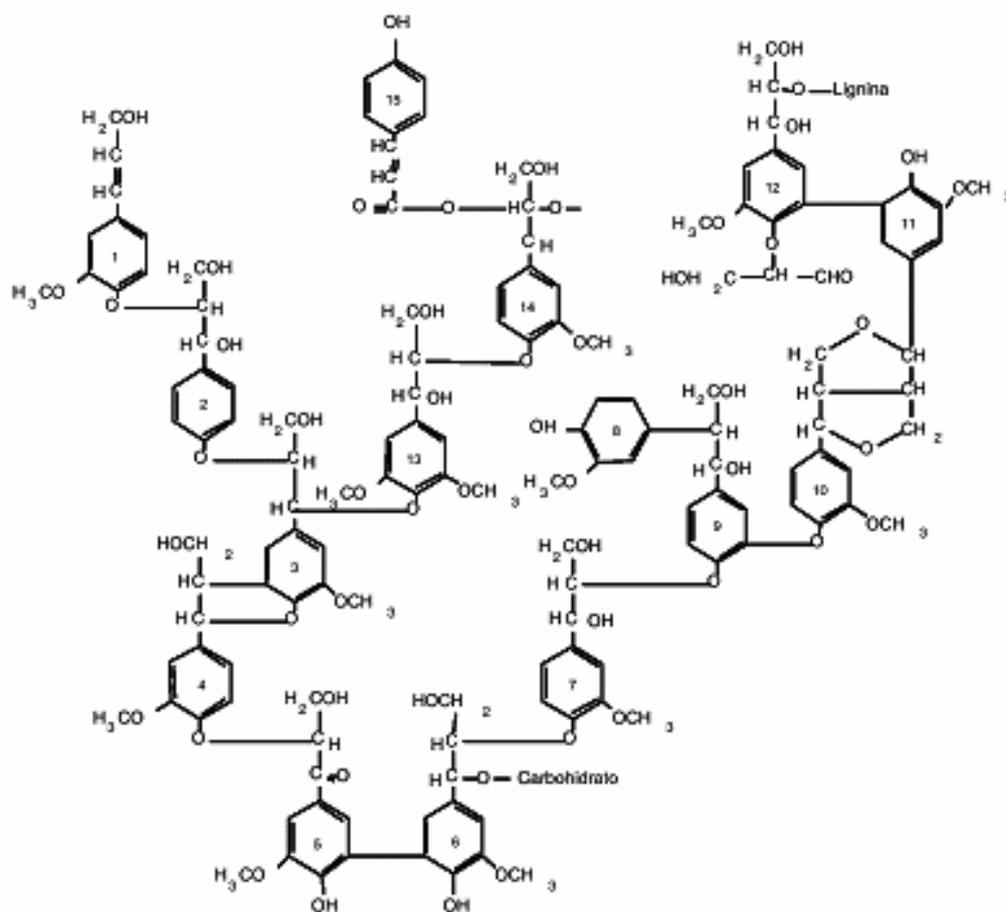
Los glucomananos son polímeros lineales de glucosa y manosa unidos por enlaces β -(1,4), con predominio de las manosas, y que no presentan ramificaciones ni grupos sustituyentes laterales.

4.3.3. LIGNINA.

La tercera fracción mayoritaria de la biomasa lignocelulósica. Se trata de un polímero tridimensional amorfo formado por la polimerización deshidrogenativa de unidades de fenilpropano ligadas por diferentes tipos de enlaces que se alternan de manera desordenada. (Figura 4.3)

Los monómeros que forman la lignina son los denominados alcoholes cinamílicos, diferenciados entre sí por las diferentes sustituciones que presenta el anillo aromático. Así, el alcohol p-cumarílico que da lugar a las unidades p-hidroxifenilo (unidades H) no presenta ningún sustituyente; el alcohol coniferílico que da lugar a las unidades guayacilo (unidades G) presenta un grupo metoxilo en la posición 3 del anillo aromático y el alcohol sinapílico que da lugar a las unidades siringilo (unidades S) presenta dos grupos metoxilo en posiciones 3 y 5 de dicho anillo.

La polimerización de estos precursores durante la formación de la pared celular se produce mediante la sucesión de una etapa enzimática y una etapa química. En la primera los precursores son oxidados por peroxidasas de la pared dando radicales fenoxilo que, a continuación y durante la etapa química reaccionan al azar entre ellos. En este proceso se originan una gran variedad de formas resonantes que pueden reaccionar unas con otras, por ello la lignina no presenta una única estructura. Las uniones pueden ser de tipo condensado (enlaces C-C) o de tipo no condensado (enlaces aril-alquil éter) en las que intervienen tanto los anillos aromáticos como las cadenas propílicas. Los enlaces que van a condicionar una alta condensación de la lignina son los enlaces C-C que sólo pueden establecerse entre unidades H o G, ya que las unidades S al tener dos grupos metoxilo en posiciones 3 y 5 no pueden establecer este tipo de enlaces.



4.3. Estructura de la lignina

[Oliva Domínguez J.M., 2003]

La proporción de las tres unidades que forman la lignina y el tipo de enlace difiere según el tipo de planta, así como del grupo taxonómico, tejido o capa de la pared celular, estado de desarrollo y condiciones ambientales. Así, se puede hacer una diferenciación de la lignina dependiendo del grupo taxonómico

4.4. PRODUCTOS SECUNDARIOS.

4.4.1. INTRODUCCIÓN

Durante el tratamiento del material lignocelulósico no sólo se obtienen los azúcares provenientes de la hidrólisis y solubilización de la celulosa y hemicelulosa sino que, debido a las altas temperaturas y condiciones ácidas en las que se desarrollan, se originan una serie de compuestos que pueden actuar como inhibidores potenciales de la fermentación. La naturaleza y concentración de estos compuestos depende del tipo de materia prima (maderas duras, blandas o herbáceas) del pretratamiento utilizado, de las condiciones del proceso (temperatura y tiempo) y de la utilización o no de catalizadores ácidos.[Olson y Mahn-Hägerdal,1996].

Como consecuencia de las temperaturas empleadas los azúcares originados en la hidrólisis, principalmente de la hemicelulosa, se degradan originando dos compuestos derivados del furano: el furfural, formado a partir de la degradación de las pentosas (xilosa y arabinosa) y el 5-hidroximetilfurfural (HMF), formado como consecuencia de la degradación de las hexosas (glucosa, manosa y galactosa.) Además se origina ácido acético procedente de la hidrólisis de los restos acetilos de la hemicelulosa.[Ulbricht y col., 1984].

4.4.2. FURFURAL E HIDROXIMETILFURFURAL (HMF)

Entre los efectos producidos por el furfural sobre los microorganismos se encuentran: Reducción de la tasa específica de crecimiento, disminución de la productividad volumétrica de etanol, descenso de la productividad específica de etanol y disminución de la producción de biomasa. Los efectos producidos por el HMF aunque menores, son los mismos.[Oliva Domínguez, J.M, 2003].

El efecto tóxico ocasionados por los furanos parece deberse a que, al ser aldehídos, son compuestos químicamente reactivos que pueden formar compuestos con determinadas moléculas biológicas como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, o bien producir daños sobre la membrana plasmática. Además, el furfural produce inhibición de enzimas glicolíticos y fermentativos. [Oliva Domínguez, J.M, 2003].

4.4.3 ÁCIDO ACÉTICO.

La concentración de ácido acético no será problema, ya que la producción de azúcares al realizarse con hidrólisis ácida, llevaran ácido sulfúrico y habrá que realizar una etapa posterior para separa el producto de los ácidos.

CAPÍTULO 5: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA E INSTALACIONES.

5.1. INTRODUCCIÓN.

La distribución en planta de las instalaciones se lleva a cabo realizando un estudio previo, para obtener la máxima cantidad de ventajas de la distribución obtenida frente a otras posibles. La distribución se realiza intentando minimizar:

- Los costes de operación y personal de la planta.
- Los costes de futuras expansiones
- Los daños en caso de accidente.

La distribución de la planta se hace a nivel de suelo, ya que resulta más económico y ningún requerimiento obliga a que alguno de los equipos deba ser construido a distinto nivel.

5.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS

Para determinar la distancia entre equipos se han tomado como referencia las tablas que aparecen en el libro “Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras”.

Respetando las distancias recomendadas en las citadas tablas, además se intenta:

- Minimizar la longitud de las tuberías organizando los equipos según la línea de proceso.
- Agrupar los equipos similares para facilitar su operabilidad y mantenimiento.
- Debido a la altura que alcanzan algunos equipos como pueden ser algunos reactores, además de su disposición en planta debe plantearse la manera de acceder a sus elementos, por lo que se instalarán escaleras y plataformas a diferentes alturas.

Las distancias recomendadas dentro de las unidades de proceso quedan recogidas en la siguiente tabla.

Tabla 5.1. Distancias recomendadas dentro de las unidades de proceso (en metros)

	1	2	3		4	5
			3.1	3.2		
1. Reactor (1)	7,6					
2. Casetas pequeñas de bombas o compresores	12,2					
3. Tanques intermedios de proceso:	de	de	17 diámetros			
• Normales	30,5	30,5				
• De alto riesgo	a 61,0	a 61,0				
4. Equipo de destilación	15,2	9,1				
5. Salas de control (2)	de 15,2 a 30,5	de 15,2 a 30,5	30,5		de 15,2 a 30,5	3,1

(1) Se recomiendan paredes protectoras contra explosiones para reactores peligrosos.

(2) Las salas de control que correspondan a unidades muy grandes o peligrosas, así como las que controlan a varias unidades o contienen ordenadores, pueden requerir distancias mayores y construcción a prueba de explosiones.

Distancia a mantener entre zonas donde haya riesgo de emisión de vapores y fuego abierto: 30,5 m.

[Storch De Gracia J.M.,1998]

Con ayuda de las dos tablas e intentando conseguir los objetivos fijados anteriormente, las distancias entre los equipos será:

- Distancia mínima entre reactores, 7,6 metros en caso de que tengamos que poner más de un reactor. La disposición sería en línea de forma que el tramo empleado en las tuberías es menor.
- Distancia entre tanque de almacenamiento y proceso químico 7,6 metros.

5.3. DISTRIBUCIÓN DE LOS EDIFICIOS.

Para distribuir los edificios en la planta se ha seguido los mismos principios que para la distribución de los equipos, se ha hecho uso en este caso de la Tabla 5.2.

En cuanto al edificio de servicios, debe cumplir una serie de requisitos referentes a su ubicación. Debe localizarse en zonas seguras, apartadas en la medida de lo posible de la zona de procesos (pero disponiendo de una buena visión de la misma), además debe disponer de fácil acceso.

En este edificio se incluirán los departamentos necesarios para el funcionamiento de la planta, tales como la sala de control, laboratorio de control, salas de descanso y comedor.

La zona de oficinas y centros de investigación y desarrollo, se encuentran en la parte más alejada posible de la zona de procesos, procurando situar estos edificios en la zona más cercana a la entrada de la planta.

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS Y DISEÑO

6.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se abordará, de forma detallada, el análisis y diseño de los equipos utilizados en nuestra planta, considerando específicamente el reactor, que es el equipo donde tiene lugar la hidrólisis. Por ello el estudio considerará cada uno de los equipos que componen este proceso, pero se centrará sobre todo en el reactor.

La planta piloto a diseñar está compuesta de los siguientes elementos:

- Silos de almacenamiento.
- Sistema de reducción de tamaño
- Cinta transportadora
- Reactor.
- Tanques de almacenamiento
- Válvulas
- Bombas
- Sensores
- Tuberías

A continuación se describe cada uno de los equipos explicando su función dentro del proceso, los distintos tipos existentes y seleccionando el más idóneo para el presente proyecto.

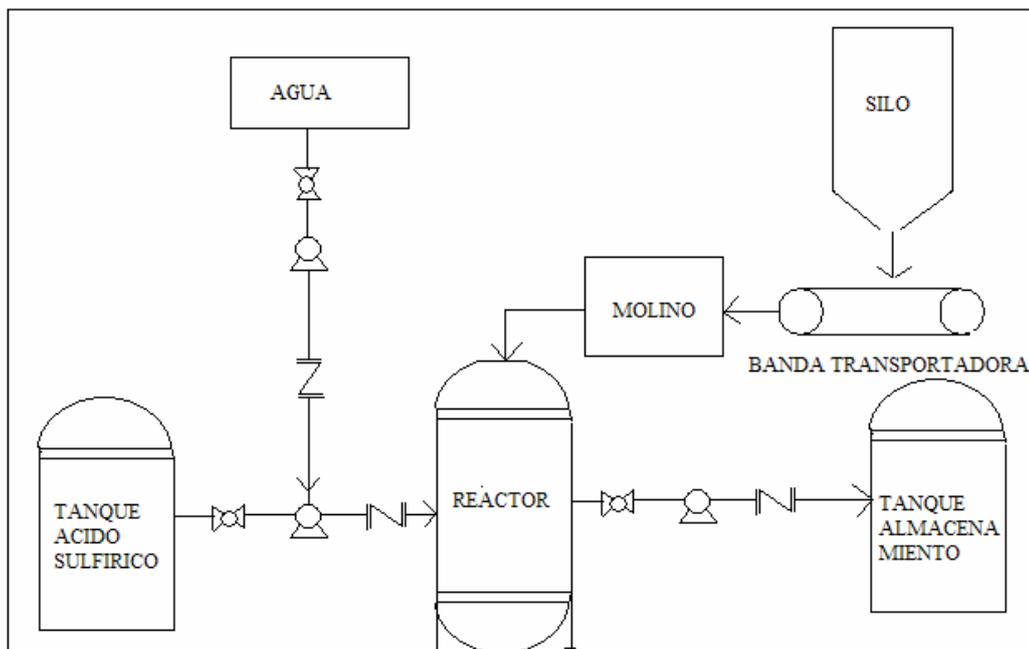


Figura 6.1. Esquema del proceso

6.2.SILO DE ALMACENAMIENTO.

6.2.1 INTRODUCCIÓN

En este proyecto tendremos silos de almacenamiento que se encargarán de la recepción de la materia prima. Los silos suelen tener gran capacidad y a ellos llega la materia prima, después de ser descargada por los camiones. Su función no es más que la de introducir la materia prima hacia el proceso, ejerciendo una acción reguladora del caudal que se va a tratar en la planta piloto. Los silos tendrán capacidad para abastecer a la planta durante al menos cinco días.

6.2.2.TIPOS DE SILOS

Se pueden distinguir dos tipos de silos según sea su funcionamiento, con flujo de masa o flujo de embudo. El flujo de masa significa que todos los materiales del recipiente se desplazan cuando se retira una parte, mientras que el flujo de embudo se produce cuando solo fluye una porción del material (fluyendo por un canal en el centro del sistema). Las características principales de los silos

con flujo de masa y flujo de embudo se resumen en lo siguiente:[Robert H. Perry & Don W. Green; 2001.]

Silos de flujo de masa:

- Construcción simple y sin necesidad de dispositivos adicionales (bajo coste)
- Los polvos originados se eliminan y no fluyen en la descarga
- La densidad de flujo es constante
- Los indicadores de nivel funcionan adecuadamente
- No quedan productos en zonas muertas donde pudieran degradarse.

Silos de flujo de embudo.

- Suelen necesitar dispositivos para asegurar el flujo.
- La densidad de flujo puede variar.
- Los productos tienden a formar puentes o arcos, que darán lugar a los canales en la descarga.
- Pueden permanecer productos en puntos muertos degradándose y necesitando, pues, mayor limpieza.
- Los indicadores de nivel no siempre funcionan bien
- Funcionan muy bien con partículas grandes y flujo libre.
- Sirven también como mezcladoras.

6.2.3. ELECCIÓN DEL SILO.

Teniendo en cuenta que el flujo para este proyecto suele ser uniforme y que la densidad de la materia prima no suele sufrir grandes modificaciones, se emplea el silo de flujo de masa. Además es necesario situar indicadores de nivel para controlar el caudal y estas funcionan adecuadamente en este tipo de silos, lo cual no ocurre en los silos de flujo de embudo. El silo elegido suele ser poco costoso, ya que su construcción es bastante sencilla, lo que supone también una gran

ventaja ya que las dimensiones de la misma serán considerables como se verá en los cálculos justificativos.

Se trata de un silo troncocónico luego el volumen será la suma de un cilindro y de un troncocono, a continuación ponemos las fórmulas de los volúmenes.

$$V_C = \pi/4 * D^2 * H$$

$$V_T = \pi/12 (D^2 * (h+h') - d^2 * h')$$

$$V_{TOTAL} = V_C + V_T = \pi/4 * D^2 * H + \pi/12 (D^2 * (h+h') - d^2 * h')$$

Las dimensiones del silo elegido son:

$$D = 2\text{m}$$

$$H = 8,38\text{ m}$$

6.3. MOLINOS, TRITURADORAS Y CORTADORAS.

6.3.1. INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto no interesa un tamaño determinado, por tanto el mecanismo que se lleva a cabo, es el de molienda. Según otros estudios realizados para la obtención de azúcares simples a partir de otras materias primas, el tamaño de partícula deber ser aproximadamente 0,5 mm [S.J. Téllez-Luis, J.A. Ramírez, M. Vázquez, 2002 y R. Aguilar, J.A. Ramírez, G. Garrote, M. Vázquez, 2002].

6.3.2. TIPOS DE MOLINOS.

Se dispone de una gran variedad de máquinas que sólo se diferencian en detalles de diseño o que pueden reunir ventajas características. Estas se clasifican atendiendo a las propiedades de los productos a moler, como son la dureza y el tamaño de los materiales. Considerando esto, los equipos se clasifican en trituradoras o quebrantadoras, molidoras o molinos y máquinas cortadoras.

Por tanto, la elección de la máquina para realizar cualquier operación de trituración será función principalmente de la naturaleza del producto a triturar. Así se va a estudiar primero, desde el punto de vista de la naturaleza de la materia prima, las propiedades más importante de los tallos de girasol a tener en cuenta para la elección del equipo.

- Tamaño: Influye directamente en la elección del equipo, ya que precisamente la principal clasificación de los molinos es por el tamaño de la alimentación, puesto que sólo funcionan óptimamente si la alimentación tiene el tamaño para el que ha sido diseñado.
- Dureza: la dureza del material afecta principalmente al consumo de potencia y al desgaste del equipo. Para materiales duros y abrasivos, es necesario utilizar un equipo de baja velocidad y proteger los rodamientos de los polvos abrasivos producidos, se recomienda en estos casos la lubricación a presión. Sin embargo en el caso de nuestra materia prima es un material fibroso que es fácil de cortar.
- Estructura: Los materiales granulares corrientes como carbón, minerales y rocas, pueden triturarse eficazmente utilizando fuerzas normales de compresión, impacto, etc. Con los materiales fibrosos es necesario efectuar además una acción de desgarramiento o cizalla para una eficaz molienda. Nuestra materia prima corresponde a este segundo grupo de materiales por lo que es necesario efectuar una acción de desgarramiento.
- Humedad: Se ha comprobado que los materiales no fluyen bien si contienen entre el 5% y el 50% de humedad, ya que, en estas condiciones, el material tiende a aglomerarse. Esta propiedad la hemos tenido en cuenta, por eso antes de realizar esta operación, realizaremos un secado de la materia prima.
- Tensión de rotura: La potencia requerida para la trituración es casi directamente proporcional a la tensión de rotura del material. En nuestro

caso, la materia prima no tendrá un valor muy alto al ser un material fibroso, por lo que es un factor a considerar a la hora de elegir el equipo más adecuado.

- Friabilidad: La friabilidad de un material es su tendencia a fracturarse al ser manejado. En general, un material cristalino se romperá según planos bien definidos y la potencia requerida para la trituración aumentará al reducirse el tamaño de las partículas. En nuestro caso la materia prima es un material poco friable.
- Pegajosidad: Con un material pegajoso, habrá que considerar que puede obstruir el equipo de trituración. Por tanto, interesará que sea tratado en un equipo que pueda ser limpiado con facilidad.

6.3.3. ELECCIÓN MOLINOS.

En la selección y operación de un equipo de reducción de tamaño, es preciso cuidar muchos detalles del procedimiento y del equipo auxiliar. Un triturador, un molino o un cortador funciona adecuadamente hasta que 1) la alimentación es de un tamaño idóneo y entra a una velocidad uniforme, 2) el producto se elimina tan pronto como es posible después de que las partículas alcanzan el tamaño deseado, 3) el material irrompible se mantiene fuera de la máquina y 4) en la reducción de baja fusión o productos sensibles al calor, se elimina el calor generado en la máquina. Entre los factores a considerar en la especificación de un sistema de reducción de tamaño, se encuentran la eficiencia energética y aspectos relacionados con el ambiente.

Operación en circuito abierto y en circuito cerrado. En muchos molinos la alimentación se reduce a partículas de tamaño satisfactorio pasándola una sola vez a través de la máquina. Cuando el intento no está hecho para regresar las partículas de tamaño grande a la máquina para una futura reducción, se dice que está operando en circuito abierto. Esto requiere de cantidades excesivas de energía.

Control de la alimentación. De las operaciones auxiliares de la reducción de tamaño, el control de la alimentación del aparato es la más importante. La alimentación debe tener el tamaño apropiado. No deben ser tan grande que no puedan ser tratadas por el aparato; si demasiadas partículas son muy finas, el rendimiento de muchas máquinas se reduce seriamente. Con algunos sólidos se aumenta grandemente la facilidad de la molienda si se comprime o endurece la alimentación antes de entrar en la máquina. Para cortar el material en cuadrados o hilos de longitudes uniformes es esencial el control exacto de la velocidad de alimentación.

Descarga de las máquinas. Para evitar la acumulación en una máquina continua la velocidad de descarga deber ser igual a la de alimentación. Por otra parte, la velocidad de descarga tiene que ser tal que las partes del aparato operen con el máximo rendimiento sobre el material que se reduce.

Con productos triturados bastante gruesos, como los de una trituradora, molino intermedio, o cortadora, la fuerza de la gravedad es suficiente para producir una descarga libre. El producto sale generalmente por el fondo del aparato.

Eliminación o suministro de calor. Sólo una fracción muy pequeña de la energía suministrada al sólido en un molino se emplea para crear nueva superficie. La mayor parte de la energía se convierte, por consiguiente, en calor que puede elevar en varios grados la temperatura del sólido. Éste puede fundirse, descomponerse o explotar, a menos que se retire calor. Por esta razón se recircula a menudo agua refrigerante o salmuera enfriada, a través de serpentines o camisas.

En el anexo de la memoria técnica se incluye una ficha del molino seleccionado que se utilizará en la planta piloto.

En la planta usaremos dos unidades cada una de la cuales recibirá en cada ciclo 5.000 Kg de materia prima. Luego las características de los molinos son:

Rendimiento nominal : 125 kg/día

Potencia: 50 C.V.

6.4. BANDA TRANSPORTADORA

6.4.1. INTRODUCCIÓN

La cinta transportadora se utilizará para transportar la materia prima sólida desde distintos puntos de la planta. Estos son desde el silo de almacenamiento hasta el molino y desde el molino hasta reactor de hidrólisis.

6.4.2. TIPOS DE TRANSPORTADORAS.

Existen muchos tipos de transportadores, según la naturaleza de los sólidos a transportar, la capacidad a transportar, la longitud del desplazamiento y la inversión que se quiera realizar. Una clasificación de los transportadores de sólidos, según su función, es la siguiente [Robert H. Perry y Don W. Green, 2001]:

- Transporte horizontal de materiales: De banda articulada, de banda normal, de flujo continuo, de arrastre de tablillas, vibratorio, de cangilones de volteo, neumática.
- Transporte de materiales hacia arriba o hacia debajo de una pendiente: De banda articulada, de banda, de flujo continuo, de paletas, de tornillo sin fin.
- Elevación de materiales: Elevador de cangilones, flujo continuo, montacarga de cajón neumático.
- Manejo de materiales sobre una combinación de trayectorias horizontales y verticales: Flujo continuo, de cangilones de descarga por gravedad, de cangilones de volteo, neumático.
- Distribución o colección de materiales para tolvas, depósitos etc.: De banda, de paletas tornillos sin fin, de flujo continuo, de cangilones de descarga por gravedad, de cangilones de volteo, neumático.

- Retiro de materiales de vagones del ferrocarril, camiones, etc.: Vaciados de carros, descargador de vagones de granos, agitador de vagones, pala mecánica, neumático.

6.4.3. ELECCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA

En este proyecto el transporte se va a realizar en horizontal y hacia arriba en pendiente.

De acuerdo con la clasificación anterior de los transportadores, para este caso los transportadores que dan mejor resultado son los de banda (articuladas o no), los de paletas, los de flujo continuo y los de tornillo sinfín.

- Los transportadores de banda, también denominados de correas, son muy versátiles y económicos, son útiles cuando se pretende salvar una pendiente no muy grande (Los modelos normalizados están limitados a una pendiente de treinta grados). Se caracterizan porque su mejor rendimiento lo dan para el transporte de grandes cantidades de material a largas distancias con poca o nula pendiente.
- Los transportadores de flujo continuo y de paletas dan un buen rendimiento para pendientes considerables y condiciones parecidas a las del presente proyecto, pero ambos tienen el inconveniente de ser muy sofisticados y de precio elevado. Estarían más indicados para el transporte de sustancias peligrosas, materiales abrasivos, corrosivos y pegajosos.
- Los tornillos sinfín, se puede decir, que tienen la ventaja de los dos tipos de transportadores comentados anteriormente. Por un lado son muy versátiles y económicos ya que son muy simples, y por otro lado realizan un transporte de gran rendimiento y limpieza, especialmente, para el caso de materiales poco complicados, necesitándose el transporte y no operaciones de mezclado, etc.

De todos ellos se escoge los transportadores de banda ya que, la pendiente a salvar entre la salida del molino y el reactor no es muy grande y resultan los adecuados cuando se transportan grandes cantidades de material. También se caracterizan por ser muy fáciles las operaciones de limpiado y funcionar sin ningún tipo de protección especial, pudiéndose así observarse la marcha de la materia prima, así como la entrada en el reactor para poder detectar alguna posible anomalía.

El transportador empleado consiste en una banda sinfín con poleas de cabeza y de pie (sirviendo una u otra como polea motriz) rodillos locos que hacen de soportes y, frecuentemente, una rasqueta o un descargador volteador para vaciar la carga en cualquier punto a lo largo del recorrido. La alimentación se encuentra regulada por la tolva de descarga del molino situándose la carga sobre la banda de forma que su choque sea lo más suave posible.

El método de descarga utilizado por este tipo de transportadores depende de si la descarga se efectúa en el extremo del mismo o en un punto intermedio. En la descarga por el extremo, la banda descarga por si misma, ya que el material cae simplemente por gravedad como ocurre en el presente proyecto. Para la descarga en puntos intermedios, son necesarios dispositivos especiales tales como rascadores, rodillos locos volteadores, descargadores móviles y transportadores de vaivén.

Este tipo de transportadores pueden fabricarse en gran variedad de materiales dependiendo de las características del material a transportar, pero el tipo más corriente es el de goma, que consiste en un alma, formada por varias capas de tejido de algodón que forman el esqueleto de la banda, embebidas en caucho. La cubierta del lado en que se efectúa el transporte está firmemente cementada en el esqueleto por medio de una capa de tejido abierto a la que se da el nombre de tira protectora.

El cálculo de la potencia de la banda transportadora se realiza según la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia (C.V)} = Q \cdot (H \cdot 0,0073 + V \cdot 0,0037) \cdot C$$

Donde: Q: capacidad del transportador (kg/s)

C: Factor del material, en este caso 1

H: distancia horizontal (m)

V: distancia vertical. (m)

[Robert H. Perry, Don W. Green; 2001]

La banda transportadora seleccionada tendrá las siguientes características:

Ancho de banda = 1 m

Número de capas = 8

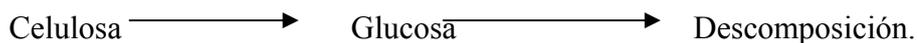
Peso de la banda = 2.459 kg

6.5. REACTOR DISCONTINUO.

6.5.1. INTRODUCCIÓN

Esta va a ser la etapa central y determinante en el proceso, y a partir de su diseño y optimización quedará definido el resto de etapas del proceso. El diseño óptimo del reactor será determinante para el buen funcionamiento de la planta.

La reacción principal que va a tener lugar en el reactor es la hidrólisis ácida de la celulosa, obteniéndose azúcares simples como productos de la reacción, en este caso será glucosa. Esta reacción viene descrita por la siguiente ecuación.



La expresión de concentración de azúcares es:

$$M = M_0 e^{-k_2 t} + P_0 \frac{k_1}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t})$$

Las constantes cinéticas tienen la siguiente expresión.

$$K_1 (\text{h}^{-1}) = (964.39 + 7.69 C^{2.08}) \times 10^{10} e^{\frac{101.31}{RT}}$$

$$K_2 (\text{h}^{-1}) = (604.42 + 4.84 C^{2.30}) \times 10^7 e^{\frac{-72.84}{RT}}$$

[L. Jiménez y J.L. Bonilla, 1993]

En el interior del reactor van a tener lugar, de forma paralela, otras reacciones que dará lugar a la formación de otros azúcares simples y productos de reacción no deseados. Estas reacciones no son tenidas en cuenta en la cinética del reactor.

6.5.2. TIPOS.

Existen tres tipos de reactores ideales para reacciones homogéneas con un solo fluido reaccionante: reactor discontinuo (flujo no estacionario), reactor de flujo pistón (flujo estacionario) y reactor de mezcla completa (flujo estacionario).

El reactor seleccionado para llevar a cabo esta reacción es un reactor discontinuo de tanque agitado o mezcla completa, ya que ésta se lleva a cabo en condiciones no estacionarias, cuya característica principal es la completa uniformidad de la temperatura, composición y presión a lo largo de todo el reactor.

6.5.3. REACTOR EMPLEADO.

Las características del reactor empleado son las siguientes:

- En él no existe flujo de entrada ni de salida, y va a operar en ciclos de carga-operación-descarga. Durante la etapa de reacción funciona siempre en estado no estacionario.
- Su diseño supondrá, básicamente, el cálculo del tiempo de reacción para alcanzar un grado de conversión. Este tiempo será el “tiempo de residencia” o tiempo medio de permanencia en el reactor de las especies involucradas en la reacción química, que se corresponderá con el tiempo medio de duración de la reacción.
- Básicamente este reactor es un recipiente en el que los reactantes son introducidos al comienzo de la reacción y, después de que la temperatura y la presión alcanzan un determinado nivel, la reacción tiene lugar.
- Sus componentes esenciales son:
 - Un habitáculo de forma geométrica sencilla capaz de contener un volumen V de reacción.
 - Un cambiador de calor interno en forma de serpentín

Los reactores discontinuos y semicontinuos son usados a menudo para bajas capacidades de producción, donde el costo de la mano de obra, y de los tiempos muertos de parada entre las operaciones de carga y descarga son sólo una pequeña fracción del costo final del producto.

Las características principales del reactor diseñado son las siguientes:

$$D = 2,55 \text{ m}$$

$$H = 3,05 \text{ m}$$

$$T = 140^{\circ}\text{C}$$

$$P = 3,7 \text{ kg/cm}^2$$

6.6. VÁLVULAS

6.6.1. INTRODUCCIÓN.

Las válvulas son accesorios muy especiales que sirven para regular o impedir la circulación del fluido por conducción. Son los elementos finales de control que ejecutan las órdenes procedentes del controlador, ejerciendo la acción correctora sobre el proceso.

6.6.2. TIPOS DE VÁLVULAS

Las válvulas se pueden clasificar en dos grandes grupos: válvulas de corte de flujo y válvulas de regulación.

Las primeras se caracterizan por sus dos posiciones externas de funcionamiento: totalmente abiertas o totalmente cerradas: aunque en ocasiones se pueda regular groseramente el caudal fluido, no están diseñadas para ello.

Las de regulación, sin embargo, están diseñadas específicamente para poder regular el flujo, y son de accionamiento más lento que las anteriores.

Dentro de los dos grupos citados existen diversos tipos de válvulas que cubren todas las aplicaciones que pueden presentarse en cualquier planta química, en función de una serie de criterios, como son el caudal, tipo de fluido, temperatura, presencia de sólidos, etc. Los más importantes se nombran a continuación:

- Válvulas de corte del flujo: tronco-cónica, de compuerta, de retención, de bola y de mariposa.
- Válvulas de regulación: de asiento, de diafragma, y de aguja.

La válvula se abrirá o cerrará, interrumpiendo o dejando pasar el fluido, en función de la señal correctora recibida. Normalmente esta señal que hace variar la abertura de la válvula proviene de un dispositivo externo (controlador), y a ésta se la llama “válvula de control”.

Una válvula de control está dividida en dos partes fundamentales: el cuerpo y el actuador.

El cuerpo regula el paso del fluido. Es un receptáculo que contiene en su interior el obturador y los asientos, los cuales estarán en contacto con el fluido y estarán cubiertos por una tapa. Está provisto de bridas con una rosca para conectar la válvula a la tubería. El obturador es el que realiza la función de control de paso del fluido y puede actuar en la dirección de su eje o tener un movimiento rotativo. Esta unido a un vástago que pasa a través de la tapa del cuerpo y que es accionado por el actuador.

El actuador es el motor que ejerce la fuerza necesaria para accionar el elemento obturador, modificando su apertura. Esto lo consigue desplazando verticalmente el vástago si la válvula es de asiento o girando el disco si es de mariposa o la esfera si es de bola. Está compuesto de diafragma, muelle, vástago e indicador de posición.

6.6.3. ELECCIÓN DE VÁLVULAS

El cuerpo de la válvula presenta lo que se denomina “rating” o “clase”, que son las características de presión-temperatura para las que está diseñada. Es decir, el cuerpo de la válvula debe resistir la temperatura y la presión del fluido sin pérdidas, tener un tamaño adecuado para el caudal que debe controlar y ser resistente a la erosión o a la corrosión producida por el fluido. Por tanto, el “rating” de la válvula dependerá de las condiciones en que opere y del material de fabricación.

El “rating” se especifica de acuerdo con las normas ANSI o DIN y existirán gráficas para su determinación según el material seleccionado. A partir de estas normas también se normalizan las conexiones de la válvula a la tubería. Para las condiciones de servicio se requieren válvulas de clase 150, utilizada para condiciones de operación moderadas.

Serie de “rating” para válvulas, según ANSI: CLASE 150, CLASE 300, CLASE 600, CLASE 900, CLASE 1600.

En cuanto a los materiales de fabricación de las partes de la válvula en contacto con el fluido debe ser el adecuado para las condiciones de temperatura, presión, corrosividad y abrasividad del servicio. El cuerpo y la tapa suelen ser de hierro (ASTM A-126), acero al carbono (ASTM A-216-WBC) o acero inoxidable (ASTM A 351-CF8) en la mayoría de los casos.

Los elementos internos (obturador y asiento) se fabrican normalmente en acero inoxidable, al ser este material suficientemente resistivo a la corrosión y a la erosión para la mayoría de las aplicaciones. No han de resistir presión, por lo que no están sujetos a las normas correspondientes. El material que se va a utilizar por sus óptimas propiedades y fácil mecanizado es el acero inoxidable ASTM 316.

El actuador de la válvula puede ser neumático, de diafragma, de pistón o eléctrico (electrohidráulicos o electromecánicos). El neumático de diafragma es el más empleado, y consiste en un diafragma flexible situado entre dos cajas y un resorte que se opone a su deformación. Puede ser de acción directa o inversa según la conexión del sistema de aire comprimido. La señal de control será de 3-15 psi y al aumentarla, el diafragma se deforma, comprime el resorte y hace descender el vástago (acción directa) o elevarlo (acción inversa) hasta que se alcanza un equilibrio entre la fuerza generada por la presión de aire sobre la superficie del diafragma y las fuerzas opuestas, la del resorte, la de rozamiento con la empaquetadura y la originada por la diferencia de presión en torno al obturador.

Las válvulas más empleadas son:

- Válvulas de corte de flujo de bola estandar
- Válvula de seguridad tipo “safety” para vapores.
- Válvulas de corte de flujo de retención abatibles.

Dado los pequeños diámetros nominales de las conducciones de la instalación, se han seleccionado válvulas de bola, que no sólo evitan el flujo del fluido en contracorriente, sino que además permiten mantener cebadas las bombas, evitando la instalación de válvulas de pie. Este tipo de válvulas detiene el flujo en contracorriente más rápidamente que otro tipo de válvula. Opera tanto en posición vertical como horizontal, y no es común para tamaños mayores de 6". El servicio que van a prestar en la instalación va a ser de frecuente apertura y cierre total, e infrecuente estrangulamiento de la vena líquida. Permiten un correcto control automático (24 unidades).

Las válvulas de retención instaladas se emplean para evitar la inversión de flujo. Se instalan en serie con otro tipo de válvula de control en las líneas horizontales conectadas a bombas centrífugas para evitar que el fluido pueda regresar hacia la misma. Funcionan de manera automática sin controles externos. Su operación dependerá de la dirección del fluido o de las presiones en el sistema de la tubería (24 unidades).

Las válvulas de globo regularán el caudal del flujo en las líneas en que sea requerido. Poseen un obturador que cierra el paso entre los dos lados del cuerpo de la válvula para regular el flujo y que sella el paso del fluido sobre un asiento paralelo al flujo en la tubería. La estanqueidad queda asegurada por el aro del cuerpo y del obturador. Serán de tipo estándar (8 unidades).

También se hará uso de las electroválvulas de corte de fuente de calor (8 unidades).

6.7. BOMBAS

6.7.1. INTRODUCCIÓN

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.

6.7.2. TIPOS DE BOMBAS

- 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 reciprocantes, las bombas rotatorias no contienen válvulas de retención. Las bombas rotatorias operan mejor en fluidos limpios y moderadamente viscosos.

- 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.

6.7.3 ELECCIÓN DE BOMBAS.

En la práctica ordinaria, las bombas centrífugas constituyen el tipo más común de máquinas de bombeo en una planta. La selección de la bomba se hace según varios parámetros.

- En primer lugar, las características de caudal y de presión.
- La viscosidad del producto bombeado permite una segunda selección
- Un tercer criterio, denominado MPS, permite determinar la instalación más conveniente.

La altura útil es la energía neta que la bomba debe transmitir al fluido. El cálculo se realiza aplicando la ecuación de Bernouilli entre los puntos de aspiración y descarga de la bomba. Genéricamente, se puede tomar 2 puntos de la conducción, 1 y 2, situados, por ejemplo, en la superficie de donde se bombeará el fluido y en la salida de la tubería de descarga.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + H = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{f1-2}$$

Despejando H:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_{f1-2}$$

$(z_2 - z_1)$: diferencia de cotas entre los puntos considerados.

$\frac{P_2 - P_1}{\rho g}$: diferencia de presiones entre los puntos considerados.

$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$: diferencia de velocidad entre los 2 puntos considerados.

h_{f1-2} : pérdidas de carga totales externas a la bomba.

Las características de las bombas seleccionadas son las siguientes.

Tipo	nº	Fluido	Hútil	NPSHd	W
centrifugas	8	Agua	0,913	9,32	71,15
centrifugas	8	H ₂ SO ₄ 6%	5,91	8,71	511,3
dosificadoras	8	H ₂ SO ₄	13,8	2,77	94,46

6.8. SENSORES.

6.8.1. TIPOS Y ELECCIÓN

Para llevar a cabo un correcto control del proceso se emplearán los siguientes sensores:

- 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 peso o células de carga para el reactor. (8 unidades)

CAPITULO 7: CONTROL DE LA PLANTA.

7.1. DESCRIPCIÓN DEL AUTÓMATA.

Todo el proceso de la planta diseñada estará regulado por un autómata “Siemens CPU” o similar.

Estará ubicado en la sala de control dentro de un armario eléctrico estanco, antideflagrante, 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.

El programa permitirá realizar posibles cambios en el software del proceso de forma sencilla, modificando o intercalando órdenes de trabajo que puedan redundar en reducción de costes, aumento de la producción o calidad de la misma, etc, fruto de la experiencia diaria en el manejo de la planta.

Este centro de control electrónico, contendrá todos los elementos necesarios para el control del proceso: tarjetas analógicas para células de carga en reactores, para pH metro, para sensores de temperatura y presión, para sensores de nivel y luminosidad, etc., de manera que el autómata 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 autómata 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.

7.2. CONTROL BÁSICO UNIDADES PRINCIPALES.

- Silos T-01 a T-20:

1. 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. Punto de consigna es el 80% de la capacidad, Alarma es el 90% de la capacidad.

- Tanques almacenamiento ácido sulfurico, T-21 y T-22

1. 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 autómata. Punto de consigna es el 80% de la capacidad, Alarma es el 90% de la capacidad.
2. 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 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%.

- Tanques almacenamiento producto T-23 a T-35:

1. 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 autómata. Punto de consigna es el 80% de la capacidad, Alarma es el 90% de la capacidad.
2. Presión del tanque: en el caso del tanque T-02 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 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 uno 5%.
3. 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.

- Reactor R-01 a R-08:

1. Control de la carga: las células de carga instaladas en la parte superior de los perfiles de apoyo del reactor indican el momento en que se produce el llenado del reactor hasta un peso especificado. Punto de consigna es el 80% de la capacidad, Alarma es el 90% de la capacidad.
2. 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.
3. 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.

En estado manual, 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 reactores.

CAPITULO 8: PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

8.1. INTRODUCCIÓN

Se debe de establecer una planificación adecuada, con un horizonte temporal de un año, en el que se logren los objetivos de producción en las cantidades y en los plazos previstos incurriendo en los costes óptimos.

Para la programación diaria de producción, cuyo objetivo es la determinación de las cantidades que se van a fabricar de cada producto, se realizará una ordenación en el tiempo de las actividades, tratando de racionalizar al máximo la utilización de los factores. El programa determina en qué momento, con qué equipo y con qué mano de obra se realizan los procesos fijados. También se debe garantizar el control de la producción, regulando y corrigiendo el programa y el plan de producción mediante la continua comparación entre su contenido y los datos obtenidos de la ejecución de las operaciones.

8.2. DIAGRAMA DE GANTT

Este diagrama es una herramienta muy utilizada para la planificación y programación de actividades en el tiempo. Se representan por medio de barras las actividades con su correspondiente longitud de duración.

Presenta las siguientes ventajas:

- Es de estructura sencilla y de fácil comprensión.
- Da una representación global del proceso o proyecto.
- Es sencillo de realizar.

Sin embargo, este diagrama no muestra las relaciones de procedencia entre actividades ni las actividades críticas o claves de un proceso o proyecto.

En primer se realizará un estudio de la distribución temporal óptima de las actividades relacionadas con el aprovisionamiento de materia prima, retirada de productos acabados, y el pretratamiento de tallos. Todo ello vendrá en función de la capacidad de producción de la planta, así como de las dimensiones de los equipos.

COMPUESTO	UNIDAD	PERIODICIDAD
APROVISIONAMIENTO MATERIAS PRIMAS		
RESIDUOS GIRASOL	T-01 a T-20	7 días
ÁCIDO SULFÚRICO	T-21,T-22	2 días
RETIRADA PRODUCTOS ACABADOS		
AZUCARES SIMPLES	T-23 a T-34	7 días
RETIRADA RESIDUOS		
RESIDUOS PROCESO	R-01 a R-08	3-4 días

Los tiempos asignados para las diferentes etapas del programa de operación, se resumen de la siguiente forma:

Descarga silo	5 min.
Transporte tallos.....	10 min.
Molienda	40 min.
Descarga molino.....	5 min.
Llenado reactor con tallos	30 min.
Llenado con H ₂ SO ₄ (6%)	20 min.
Lograr temperatura del régimen.....	40 min.
Hidrólisis.....	20 min.
Descarga fracción líquida.....	20 min.
Descarga residuos sólidos	30 min.
Limpieza Reactor	20 min.
 Total tiempo un ciclo completo.....	 240 min.
 Total tiempo completo por un lote de 10 toneladas	 4 horas

(Ver diagrama A al final del capítulo)

8.3. MANO DE OBRA.

El número de trabajadores para las labores de producción será de tres en cada uno de los tres turnos diarios. Se considera este número de trabajadores por los siguientes motivos:

- El módulo de elaboración de azúcares simples precisa de una persona para el 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:
 - Cuadro de control

- El módulo de pretratamiento precisa de una persona para el control y la supervisión del funcionamiento de las instalaciones y del buen estado de los equipos:
 - Cuadro de control
 - Carga de los tallos
 - Supervisión molinos

- Se requerirá una tercera persona que sea responsable de recepción de materias primas, retirada de productos acabados y labores de almacenamiento y laboratorio y limpieza:
 - Control de calidad de materias primas y producto acabado
 - Inventario de materiales
 - Mantenimiento almacén
 - Limpieza instalaciones

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

Total : 9 operarios de fabricación repartidos en 3 turnos de 8 horas

1 técnico mecánico

1 gerente

DIAGRAMA A

DIAGRAMA DE GANTT
PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES PARA LA PRODUCCIÓN DE UN LOTE

ACTIVIDAD	EQUIPOS IMPLICADOS	TIEMPO				
		0 H	1 H	2 H	3 H	4 H
Descarga silo	Silos almacenamiento	█				
Transporte tallos	Cinta transportadora	█				
Molienda	Molinos		█			
Descarga molino	Molinos		█			
Llenado reactor con tallos	Reactor		█			
Llenado con ácido(6%)	Reactor			█		
Lograr temperatura regimen	Reactor			█		
Hidrólisis	Reactor				█	
Descarga fracción líquida	Reactor				█	
Descarga fracción sólida	Reactor				█	
Limpieza del reactor.	Reactor					█

Tiempo total ciclo completo: 4 horas

CAPITULO 9: SEGURIDAD INDUSTRIAL.

9.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se tendrán en cuenta los aspectos de prevención de riesgos, ya que es un apartado muy importante en el funcionamiento de una planta.

La seguridad en una industria depende, en gran parte, de la instrucción recibida por el personal, del entrenamiento correcto en las prácticas de seguridad, del uso de los equipos de seguridad y de una supervisión adecuada.

Con objeto de que los trabajadores estén informados sobre los riesgos a los que se expondrían en caso de realizar maniobras inadecuadas, y para que, además, sepan cómo actuar cuando se presente una emergencia, se deberán impartir periódicamente cursos, tanto a los trabajadores nuevos como a los que llevan años de servicio, sobre los siguientes aspectos principales:

- Localización y uso de los equipos de protección personal, duchas de seguridad, fuentes para lavado de ojos, garrafrones de solución de bicarbonato de sodio para casos de emergencia.
- Localización y uso de los equipos contra incendio, alarmas y equipos de emergencia, tales como válvulas o interruptores.
- Medios para evitar la inhalación de vapores.
- Formas de actuar, procedimientos a seguir en casos de emergencia y medidas de primeros auxilios.
- Precauciones y procedimientos a seguir durante la carga y descarga de productos.

9.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

El equipo de protección personal deberá seleccionarse, teniendo en cuenta el trabajo que se va a desarrollar y los riesgos que pueden ocasionarse. A continuación se indican los equipos utilizados según la parte que protegen.

Protección para los ojos

- Anteojos de seguridad con bordes de metal o plástico con protecciones laterales sin perforaciones; se pueden usar en los lugares donde es conveniente una protección continua de los ojos, como en laboratorios. Sin embargo, no deben usarse donde se necesite una protección total de los ojos.
- Gafas de seguridad antiácidos, tipo ventosa o molde de hule: Deben ser cuidadosamente ajustados y equipados con lentes de plástico o de vidrio resistente al impacto y deben usarse cuando haya posibilidad de recibir ácido en los ojos.
- Caretas de plástico (de cobertura total, como mínimo de ocho pulgadas) con protección para la frente: se pueden emplear como complemento de las gafas de seguridad antiácidos, en lugares donde existe el peligro de impacto en los ojos desde abajo o alrededor de las partes laterales de la careta.

Protección respiratoria

- Equipo de aire autónomo: permite al portador llevar una cantidad de oxígeno o aire comprimido en una botella y el tipo autogenerador produce oxígeno químicamente. No se debe usar oxígeno comprimido donde existe peligro de contacto con líquidos o vapores inflamables o con fuentes de ignición, especialmente, en espacios confinados como fosos y tanques.
- Mascarillas con manguera y aire a presión suministrado por sopladores que no requieren lubricación interna: deben estar localizadas en un área libre de contaminación. Las condiciones de uso de este equipo deben ser tales que permitan el escape con seguridad en el caso de fallos en el suministro de aire. Se deberá tomar precauciones para que la manguera no se enrede.
- Mascarillas para gas equipadas con protector facial que cubra toda la cara y dotadas de un filtro para la absorción del ácido: estas mascarillas

protegen de concentraciones que no excedan el 2% en volumen de ácido y donde el contenido de oxígeno del aire no sea mayor del 16% en volumen. Deben usarse solo durante períodos de exposición relativamente cortos. No son apropiadas para usarse en emergencias debido a que en esos momentos la concentración real del vapor es desconocida y puede haber una deficiencia de oxígeno.

Protección para la cabeza

Deben usarse los cascos en los lugares donde hay peligro de impactos de objetos que caen. Si no se considera necesario el uso del casco, se pueden emplear sombreros o gorras para dar protección contra fugas y salpicaduras de líquidos.

Protección para los oídos.

Si los niveles de ruido superan los 65 dB (umbral a partir del cual empieza a ser doloroso) se recomienda el uso de protectores acústicos:

- Protectores auditivos externos (orejeras y cascos)
- Protectores auditivos internos (tapones y válvulas)

Protección para los pies y piernas

El calzado de seguridad constituye el elemento de protección de extremidades inferiores de uso más generalizado, existiendo un tipo de calzado adecuado a cada tipo de riesgo. Atendiendo a los riesgos que se dan en este tipo de industrias, se emplean:

- Calzado con puntera de seguridad, para el caso de trabajos de manejo de materiales pesados con riesgos de golpes
- Botas para fundidores, generalmente cubiertas con polainas para evitar la entrada de materiales incandescentes.

Protección de manos y brazos

El elemento más empleado es el guante de protección frente a agresivos químicos en estado líquido y frente a agresivos físicos de origen mecánico (cortes, pinchazos, abrasiones), de origen térmico y de origen eléctrico.

Protección del cuerpo

En los lugares en donde hay posibilidad de contacto con el cuerpo, se debe usar ropa especial contra agresivos químicos en el caso de que existan riesgos de salpicaduras, vapores, etc. de líquidos agresivos.

También se suele emplear ropa especial contra agresivos térmicos, en especial, contra el calor. Los equipos de cuero se utilizan en los trabajos con peligro de llamas, mientras que los equipos de tejidos aluminizados se utilizan en los lugares donde existan altas temperaturas, hornos, personal de extinción de incendios, etc. aprovechando el poder de reflexión del aluminio.

Mención especial tienen las prendas de señalización tales como brazaletes, chalecos, etc. para ser utilizados en lugares de poca iluminación o trabajos nocturnos, donde existan riesgos de colisión, atropello, etc.

Arnés de rescate y cinturón de seguridad

Deben usarse cualquiera de estos equipos de seguridad amarrado a una extensión, en caso de que el portador de un equipo de respiración entre en una atmósfera cerrada e irrespirable. Siempre deberá haber por lo menos una persona fuera del área contaminada para que actúe en caso de emergencia, quien deberá estar provisto con equipo de protección adecuado en caso de que necesite entrar el también en el área contaminada.

Recomendaciones para el uso y la conservación del equipo.

Todo equipo de protección personal deberá ser proporcionado por la empresa y el trabajador deberá

- Estar entrenado en su manejo.
- Identificarlo con su área de trabajo.

- Conocer el tiempo que le dará servicio.
- Asegurarse de que el equipo se encuentra en buen estado
- Conocer en que condiciones higiénicas se encuentra.
- Mantener los equipos en unas condiciones higiénicas aceptables.
- Comunicar al departamento de “Seguridad e Higiene” cualquier defecto que se haya encontrado.

Para su óptimo funcionamiento se deberá tomar en cuenta estas medidas de seguridad, conservación y estado higiénico del equipo, a fin de evitar riesgos.

9.3. ROTULACIÓN E IDENTIFICACIÓN.

En el Real Decreto 485/1997 del 14 de abril, se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud a fin de:

- Atraer la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos prohibiciones u obligaciones
- Dar a conocer el peligro con suficiente antelación, para que el trabajador pueda tomar las medidas de seguridad convenientes.
- Orientar sobre la conducta a seguir.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.

Los tipos de señales son los siguientes:

FORMA	COLORES			SIGNIFICADO	APLICACIÓN
	FONDO	CONTRASTE	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 casos de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, golpes, etc., se señalará con los paneles anteriormente citados 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.

9.4. TRANSPORTE

Los vehículos que transporten sustancias peligrosas tales como ácidos sulfúrico, deben usar, como medida de seguridad, carteles de identificación que indiquen el riesgo principal asociado al material. Deben colocarse en la parte media superior de las vistas laterales, y posterior del semirremolque, remolque o de la carrocería del vehículo, así como en la parte delantera de la unidad motriz (tractor o camión).

Los carteles pueden ser de tipo móvil, fijo sobrepuesto o de hojas múltiples de acuerdo al uso del vehículo.

Cuando se trasladen vehículos que hayan transportado estas sustancias, y no se haya realizado aún su limpieza y/o descontaminación, deberán llevar un cartel, de las mismas dimensiones, que especifique la normativa vigente, con el letrero “residuo” y con el número de clase del material que se transportó.

9.5. RECIPIENTES.

Todo recipiente como botellas, garrafones, etc. que contenga estas sustancias deberá contar con una etiqueta de seguridad durante su manejo, transporte y almacenamiento con el objeto de identificar rápidamente mediante una apreciación visual los peligros asociados con las sustancias. Estas etiquetas pueden ser adheridles o estar impresas en el envase o embalaje. Las etiquetas deberán incluir la siguiente información:

- Nombre químico, nombre comercial y el número que lo identifique.
- Rombo que indique el riesgo asociado de la sustancia que está almacenada.
- Información general de la sustancia almacenada como: precauciones, primeros auxilios, indicaciones en caso de incendio y derrames; y el correcto manejo y almacenamiento del mismo.

Las dimensiones de la etiqueta varían de acuerdo al tamaño del recipiente (botella, garrafón o tambor).

La limpieza y reparación de los tanques y de los equipos deberá estar supervisada por personal perfectamente adiestrado y familiarizado con todos los riesgos, así como con las medidas de seguridad necesarias para la realización de las labores.

Siempre que sea posible, deberán limpiarse los recintos desde el exterior empleando las aberturas para limpieza. Deben cortarse o desconectarse las líneas de tuberías e instalar una brida ciega en el extremo abierto para protección contra

los errores humanos y las fugas inesperadas. No se debe confiar en las válvulas, las llaves y las bridas ciegas de la línea de tubería.

Es obligatorio indicar en que momento están los trabajadores en el interior del tanque o en otro equipo y garantizar su salida por la entrada original.

Deben extraerse todos los fusibles y tomas de seguridad, quitar y etiquetar los interruptores e inmovilizar con seguros los agitadores, bombas o cualquier otro equipo accionado por energía eléctrica.

Antes de entregar el equipo al personal de mantenimiento, deberá bloquearse debidamente y drenar el ácido que contenga. A continuación, se lavara con agua en abundancia con el objeto de eliminar los residuos y lodos ácidos que no hay sido posible desechar durante la operación de drenado. Posteriormente, se agregará una solución de bicarbonato de sodio o lechada de cal en cantidad suficiente para neutralizar la acidez permanente.

9.6. CINTAS TRANSPORTADORAS.

La utilización de cintas transportadoras dentro del mundo laboral conlleva una serie de riesgos específicos de los que destacamos los atrapamientos especialmente en los tambores, las caídas de altura en los accesos sin proteger, las caídas de materiales y la inhalación de polvo.

Las medidas correctoras que ayudarán a limitar o eliminar los riesgos descritos se basan principalmente en la protección de las partes móviles tanto transmisiones como bandas y los tambores de cola y de cabeza.

Se deberá disponer de paros de emergencia no excesivamente distanciados que corten automáticamente la alimentación. Su accionamiento debe ser enclavado con los elementos anterior y posterior de la cinta.

La puesta en marcha de la cinta deberá requerir el desbloqueo desde el cuadro eléctrico en que se disparó el paro de emergencia.

La formación de polvo se puede solucionar carenando la zona de recepción y vertido, instalando un sistema de extracción localizada.

9.7. EXPLOSIONES.

Según su origen pueden ser:

- Químicas: producidas por reacciones químicas de combustión violenta.
- Neumáticas: producidas por la rotura de un recipiente a causa de la presión interior
- Eléctricas: producidas por el establecimiento de un arco eléctrico, vaporización brusca de conductores, efectos producidos por calentamiento de los mismos.

Según su forma de desarrollarse pueden ser:

- Confinadas: Suceden dentro de un recipiente o recinto determinado
- No confinadas: Suceden al aire libre.

Protección de explosiones.

Entre las medidas de protección frente a las explosiones una vez que ocurren están:

- Contención de la presión de la explosión. Este sistema es casi siempre prohibitivo por su coste, excepto en recipientes pequeños o con productos muy caros y altamente tóxicos. Se utilizan los llamados recipientes a presión y los resistentes al choque de presión. Los primeros resisten la presión sin rotura y los segundos sufren una deformación.
- Separación de zonas o equipos para reducir las consecuencias de una posible explosión y evitar su propagación. Esta medida es equivalente a la sectorización o compartimentación para incendios.

- Respiraderos o venteos de alivio de explosiones. Este término incluye en sentido amplio todas las medidas que sirven para abrir un aparato o equipo cerrado en origen, sea por un tiempo corto, o permanentemente y en una dirección no peligrosa después de iniciarse una explosión o desarrollarse hasta un cierto grado.

9.8. PROBLEMAS ELÉCTRICOS.

En este apartado consideraremos las características de los sistemas eléctricos desde aspectos que afectan a la seguridad.

Las chispas y sobrecalentamientos pueden actuar como fuentes de inflamación o de auto ignición.

Fuentes de inflamación por chispas pueden ser:

- Chispas originadas por cortocircuitos o por apertura y cierre de contactos.
- Chispas originadas por descargas de electricidad estática generada por fricciones.
- Chispas originadas por descargas de corrientes erráticas.
- Chispas de rayos atmosféricos.

Fuentes de ignición por sobrecalentamiento pueden ser:

- Originados por sobrecarga eléctrica de conductores y máquinas.
- Originados por rozamientos.

Protección frente a la electricidad estática como fuente de inflamación.

Algunos mecanismos para la generación y acumulación de carga estática son:

- Circulación de fluidos por tuberías, filtros, rodetes, boquillas, etc.

- Formación y desplazamiento de gotículas de un líquido en el seno de otro o chocando contra un sólido.
- Movimiento de correas, cintas transportadoras y otros elementos sólidos.
- Movimiento de vehículos con ruedas aislantes.
- Movimiento de personas con suelas aislantes.

Existen varias formas de eliminar la acumulación de carga estática:

- Mediante “puenteo” o conexión eléctrica entra las superficies que se cargan:
 - Humidificación del aire por encima de un 70 por 100 de humedad relativa.
 - Neutralización eléctrica mediante un campo eléctrico de alto voltaje.
 - Ionización del aire mediante llama o material radiactivo.
- Mediante conexión (puesta) a tierra de las superficies que se cargan:
 - Conexión eléctrica fija (instalaciones, equipos, estructuras) o temporal (vehículos) a una red conductora que termina en una pica introducida en la tierra o en el mar.
 - Recolección de cargas desde elementos móviles (correas de transmisión, telas y papeles en bobina, etc.), mediante peines o colectores estáticos que, a su vez, están conectados a una red de puesta a tierra como la que se ha citado antes.

CAPÍTULO 10: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

10.1. INTRODUCCIÓN.

A la hora de llevar a cabo este proyecto es necesario tener en cuenta las emisiones, el ruido y el impacto visual. Es importante realizar un control estricto en el diseño y en la operación de la planta, a fin de evitar daño al medio ambiente y cumplir con la legislación vigente. Siempre recordando que la jerarquía de prioridad es:

- Reducción en el origen
- Reciclado al proceso
- Tratamiento en los puntos más cercanos al origen y como último recurso eliminación fuera del sitio.
- Eliminación autorizada legalmente.

10.2. EFLUENTES.

Los posibles efluentes que se pueden dar en la planta son:

- Emisiones fugitivas. Están constituidas por los escapes que, de forma continua y no planeada, ocurren a través de los cierres de un fluido y el exterior (bridas, cierres de bombas y de válvulas, cierres de compresores, finales de línea, etc.). No incluyen, pues, los goteos ni aquellas pérdidas que se producen con intervención humana (toma de muestras, limpieza, apertura de equipos, etc.) o por condiciones específicas de trabajo. Aunque parezcan insignificantes (como media, una brida puede emitir 0,8 g/h), al ser continuas y haber muchos elementos fugantes, llegan a ser importantes. La cantidad emitida depende además del número de elementos, del tipo de cierre, tipo y ajuste de las juntas, del fluido que contienen y de la calidad del mantenimiento.

- Descargas súbitas en momentos de emergencia a través de los venteos (rotura de disco de ruptura, y apertura de las válvulas de alivio)

- Derrames y descargas motivadas por fallos o mal funcionamiento

En la etapa de diseño se han tomado las siguientes medidas para conseguir una minimización de la producción de los contaminantes:

- Se prevé colocar sistemas de retención para facilitar el estancamiento de los productos.
- Se han dotado a los equipos de sistemas de control y alarmas para reducir las probabilidades de fallo.

10.3. EMISIONES A LA ATMÓSFERA.

En nuestro proceso de producción de azúcares, no se destacan emisiones a la atmósfera de forma importante, emisiones producidas por la reacción con ácido sulfúrico, pero no son de gran importancia.

10.4. AGUAS RESIDUALES.

Podemos distinguir tres tipos de aguas residuales:

- Aguas pluviales recogidas en el exterior de la planta.
- Aguas de servicio, esta agua procedente de la etapa de lavado de la materia prima contiene entre otras sustancias, piedras, arenas, herbicidas disueltos, etc.
- Aguas de limpieza, correspondientes a goteos, pérdidas de aceite, etc.

Los residuos líquidos puede contener componentes peligrosos y son abundantes, por lo que se le deben realizar tratamientos adicionales.

10.5. RESIDUOS SÓLIDOS

En las etapas de recepción de la materia prima y en la de reducción de tamaño hay generación de residuos sólidos, no son abundantes pero sí requieren un tratamiento. Además los residuos sólidos retirados del reactor tras la hidrólisis se llevaran a un centro de reciclado para su correcta gestión.

10.6. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.

La contaminación por ruido es un problema que adquiere cada vez más importancia, y cuyas soluciones se centran en el estudio de las causas y la prevención. El ruido afecta a los habitantes, seres humanos, fauna, etc. en el medio natural. Para poder prevenir su aparición se debe actuar desde el diseño, para ello se han seleccionado los equipos teniendo en cuenta este aspecto. En el caso de que no sea posible la selección de un equipo adecuado, se procederá a su aislamiento.

10.6.1 PROTECCIÓN DE OPERARIO.

Si el operario se encuentra en una zona donde el nivel de ruido está por encima del permitido, debe ser dotado con la protección personal antirruído, según la norma técnica de prevención correspondiente, donde se listan los distintos tipos de equipos adecuado para cada nivel de ruido.

10.7. IMPACTO VISUAL.

El aspecto final de la planta debe ser considerado en la etapa de diseño. Poca gente suele mostrar oposición a una planta de proceso iluminada durante la noche, pero se trata de un paisaje diferente durante el día. Existen pocas probabilidades para modificar es estilo de una planta moderna, donde la mayoría de equipos y tuberías se encuentran en el exterior y a la vista, pero una solución podría ser ocultar la planta mediante un cinturón de árboles.

10.8. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL.

El análisis del impacto ambiental afronta el estudio de los efectos que provocará la ejecución del proyecto. El estudio se realiza desde el estado futuro con proyecto.

Para abordar las fases de identificación y valoración de impactos producidos por la ejecución y explotación del Proyecto, se utiliza el método de la matriz de impactos; dicho método, de carácter cualitativo y cuantitativo, emplea dos matrices. La primera matriz se denomina matriz de impactos, y realiza la identificación de los impactos medioambientales que se pueden generar. La segunda matriz, matriz de importancia, valora los impactos contemplados en la matriz de impactos.

Matriz de impactos

Fase I: Fase de instalación

Acción 1: transporte y circulación de vehículos y maquinaria

Acción 2: instalación de los equipos integrantes de la planta.

Acción 3: construcción de los edificios necesarios y pavimentación de la parcela.

Fase II: Fase de funcionamiento.

Acción 4: emisiones gaseosas generadas

Acción 5: efluentes líquidos producidos.

Acción 6: funcionamiento de los equipos.

FACTORES AMBIENTALES		FASE I			FASE II		
		1	2	3	4	5	6
ATMOSFERA	COMPOSICION	X	X		X		
	RUIDOS	X	X	X			X
AGUA	SUPERFICIALES					X	X
	SUBTERRANEAS						
SUELOS		X	X	X			
COND. BIOLÓGICAS	VEGETACION	X			X	X	
	FAUNA				X	X	
PROCESOS GEOLOGICOS							

MORFOLOGIA Y PAISAJE	X	X	X	X	X	
MEDIO SOCIAL Y ECONOMICO	X	X	X			X

Matriz de Importancia.

Esta matriz está constituida por una tabla en la que se reflejan las acciones y se caracteriza el efecto medioambiental producido por ellas, asignando un grado de incidencia. Los parámetros utilizados para caracterizar los efectos son los que a continuación se relacionan:

Intensidad

Extensión

Momento

Persistencia

Reversibilidad

Sinergia

Acumulación

Efecto

Periodicidad

Recuperabilidad

Los grados de incidencia para cada parámetro son:

	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA	TOTAL
INTENSIDAD(I)	1	2	4	8	12
	PUNTUAL	PARCIAL	EXTENSO	TOTAL	
EXTENSION(EX)	1	2	4	8	
	LARGO PLAZO (+ de 5 años)	PLAZO MEDIO (de 1 a 5 años)	PLAZO CORTO (inmediato)	PLAZO	
MOMENTO (MO)	1	2	4		
	FUGAZ (dura menos un año)	TEMPORAL (dura de 1 a 10 años)	PERMANENTE (dura más de 10 años)		
PERSISTENCIA(PE)	1	2	4		

REVERSIBILIDAD(RV)	CORTO PLAZO 1	MEDIO PLAZO 2	IRREVERSIBLE 4	
	SIN SINERGISMO SINERGICO		MUY SINERGICO	
SINERGIA (SI)	1 SIMPLE	2	4 ACUMULATIVO	
ACUMULACION (AC)	1		4	
	INDIRECTO		DIRECTO	
EFEECTO (EF)	1		4	
	APERIODICO		CONTINUO	
PERIODICIDAD (PR)	1 INMEDIATA	2 MEDIO PLAZO	4 MITIGABLE	RECUPERABLE
RECUPERABILIDAD (MC)	1	2	4	8

Una vez especificados los parámetros necesarios para la caracterización del impacto, así como los grados de incidencia que se pueden asignar, se construye la matriz de importancia. Esta matriz queda representada en la siguiente tabla:

ACCIONES	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC
1	2	2	4	1	2	2	1	4	1	1
2	2	1	4	1	2	2	1	1	1	1
3	2	1	4	1	2	2	1	4	1	1
4	1	2	2	2	1	1	1	4	4	2
5	1	2	2	1	1	1	1	4	4	2
6	2	1	2	4	2	2	4	4	4	2

Por lo tanto el valor para cada una de las acciones se aplica a la siguiente ecuación:

$$GD = 3*I + 2*EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC$$

Donde GD representa el grado de destrucción que produce sobre el medio ambiente la acción considerada. La expresión anterior, aplicada a cada uno de los efectos considerados, permite obtener un valor que clasifica las acciones en:

Efectos compatibles: $GD < 25$

Efectos moderados: $25 < GD < 50$

Efectos severos: $50 < GD < 75$

Efectos críticos: $GD > 75$

Los efectos compatibles y moderados no requieren medidas correctoras. Cuando los efectos de alguna o varias acciones son severos o críticos se deben aplicar medidas correctoras para transformar dichos efectos en compatibles o moderados.

Los resultados obtenidos los presentamos en la siguiente tabla:

ACCIÓN	VALOR GD	VALORACION GLOBAL
1	25	MODERADO
2	20	COMPATIBLE
3	23	COMPATIBLE
4	25	MODERADO
5	23	COMPATIBLE
6	32	MODERADO

Como todas las acciones resultan de carácter moderado o compatible, no necesita realizarse ninguna medida correctora.

CAPÍTULO 11: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

11.1. INTRODUCCIÓN.

La labor del mantenimiento incluye todas las actividades necesarias para asegurar lo mejor posible las características originales de los equipos y una disponibilidad máxima para el trabajo a desarrollar.

Es posible hacer una clasificación de los tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Predictivo

La primera de las condiciones que se debe exigir al mantenimiento es evitar las averías y que los trabajos de mantenimiento no absorban el tiempo de producción o en la mínima proporción posible.

Mantenimiento Preventivo

Corresponde a un plan periódico de revisión de equipos e instalaciones basados en observaciones e inspecciones, cuyo propósito es la detección oportuna de fallos en el funcionamiento eficiente de las instalaciones. Asimismo elaborar un programa adecuado de adquisición y manejo de stock de repuestos que haga eficaz el sistema “lote óptimo”.

Este plan de mantenimiento es necesariamente aplicable a aquellas unidades e instalaciones que cuentan con unidad de respaldo o stand-by (bombas, motores). Así la oportuna revisión y reparación garantiza el funcionamiento continuo de la planta.

Mantenimiento Correctivo

La elaboración de este plan obedece a la acción inmediata frente a fallos ocasionales o previamente detectados en el plan anterior. Su objetivo esencial es mantener en correcto estado los equipos e instalaciones, mediante el cambio o reparación de accesorios y partes dañadas.

De la incidencia de fallos observados en esta acción es recomendable elaborar informes que permitan cuantificar la frecuencia de episodios correctivos. Esto a su vez permitirá elaborar un adecuado plan preventivo. Este tipo de mantenimiento difícilmente puede ser planificado

Mantenimiento Predictivo.

Se deriva de un plan elaborado a partir de información sistematizada del funcionamiento de las instalaciones. Esto se logra mediante el trabajo de operadores de la planta y personal de mantenimiento, los cuales podrán abordar el tema en reuniones periódicas para establecer los planes de mejoramiento y corrección.

Algunos de los aspectos que cubre este plan involucran: Tuberías, revestimientos, diseño estructural, posición de tuberías, válvulas, sensores, repuestos y accesorios.

11.2. NIVELES DE INTERVENCIÓN

Es necesario estructurar la función de mantenimiento en cinco niveles de intervención.

Nivel 1

Integrado en las técnicas de TPM (Mantenimiento productivo total), es asumido por los operarios de fabricación que operan directamente los equipos productivos (automantenimiento). Aseguran el primer nivel del mantenimiento preventivo.

Nivel 2

Se integran también en las técnicas de TPM. Pertenecen a este nivel especialistas electromecánicos e hidroneumáticos, que intervienen a petición del nivel 1. Para asegurar el funcionamiento continuo, sus intervenciones y diagnósticos son muy rápidos.

Si no pueden efectuar ellos mismos la reparación, establecen un diagnóstico lo más fino posible y avisan al taller central del servicio de mantenimiento.

También aseguran el mantenimiento preventivo programado de nivel 2.

Nivel 3

Está constituido por grandes profesionales del mantenimiento, deben estar bien informados por los operadores de 1º y 2º nivel, de ahí la importancia de la comunicación y el trabajo en equipo.

Nivel 4

Se considera como la Ingeniería del mantenimiento, lo conforman los técnicos de mantenimiento, como especialistas del mantenimiento, participan en las diferentes fases del ciclo de vida de un sistema de producción.

Nivel 5

Aplicación del mantenimiento contratado. El mantenimiento contratado debe desarrollarse en dos vertientes: visitas programadas ante avería con diagnósticos complejos de los propios constructores y presencia permanente contratada de especialistas muy cualificados.

11.3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

El objetivo principal del programa, es definir, procedimientos y objetivos, tomando en consideración las características del trabajo en cuestión. Para desarrollar el programa habrá que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Dimensionar los fallos
- Mano de obra cualificada
- Stock de repuestos
- Presencia de un administrador de área que defina actividades periódicas de mantenimiento y evalúe los resultados obtenidos.
- Reuniones con el supervisor y encargados de mantenimiento para analizar y controlar actividades del programa
- Tiempo empleado en el mantenimiento.

Mantenimiento Preventivo.

Previo a la puesta en marcha de la planta, será necesario inspeccionar los equipos según las instrucciones del fabricante. Se reitera la conveniencia de elaborar una lista de inspección y prueba a fin de asegurar que todos los equipos sean revisados en la instalación. A continuación se van a exponer una serie de instrucciones generales:

- Todos los equipos, canaletas, estanques, bombas, etc. deberán limpiarse íntegramente, extrayendo todo rastro de polvo, suciedad, incrustaciones y residuos. Cualquier elemento extraño que se encuentre presente dañara bombas, tuberías o instrumentos
- Cuando sea necesario, todas las tuberías deberán probarse y limpiarse completamente.
- Se debe verificar que las válvulas y bombas no tengan fugas.
- Será obligatorio revisar la lubricación de todos los equipos.
- De ser posible, antes de la puesta en marcha revisar todos los circuitos eléctricos y de alimentación.

- Se deben revisar en los equipos rotatorios, que los motores tengan una correcta rotación.
- Los termómetros deberán estar instalados en los lugares previstos.

11.4. PROGRAMA DE INSPECCIÓN

Durante el funcionamiento en régimen de operación normal, toda la estrategia de mantenimiento se verá simplificada elaborando un adecuado programa de inspección a todos los equipos. Este podrá ser revisado diariamente con ayuda del personal de operaciones, los cuales comprueban a través de una plantilla de datos, los parámetros actuales de operación; información que debe ser comparada, frecuentemente con los datos iniciales de puesta en marcha. De este modo será posible derivar algunas conclusiones con respecto a la desviación de estos valores y los iniciales. El uso de esta información y la frecuencia de casos de mantenimiento correctivo de equipos, permitirá proyectar el plan de mantenimiento anual, mensual o semanal.

11.5. COSTES DE MANTENIMIENTO

Dentro de los costes totales de producción de la planta, se deben observar las incidencia de algunos factores que apuntan hacia el aumento de dichos costes a lo largo del tiempo.

De este modo los costes de mantenimiento son una función del capital fijo instalado. Para este tipo de plantas, los costes varían entre un 2 y un 3% del capital fijo instalado por año.

Así, durante los primeros años de operación, los costes podrían ser substancialmente bajos, debido al funcionamiento óptimo de los equipos nuevos. Sin embargo, a lo largo del tiempo el desgaste de diversos componentes, ya sea por mala operación o tiempo de uso, inducen hacia el aumento de los costes de operación, situación que se hace crítica, en la medida que no se reconozcan

algunos factores esenciales para el buen funcionamiento y reducción de costes en la planta.

Los factores determinantes en la reducción de costes pueden ser:

- Mantenimiento preventivo
- Material adecuado en reparaciones
- Mano de obra cualificada
- Entrenamiento continuo
- Operación de equipos correcta.

CAPÍTULO 12: ECONOMÍA.

12.1 INTRODUCCIÓN

El objeto de evaluar la rentabilidad de la planta es necesario para calcular, además de los beneficios por ventas, el capital total invertido y los costes de producción totales de la planta.

Los resultados del estudio económico de la planta se presenta en este capítulo de forma sencilla y se pueden observar con más detalle en el presupuesto de este mismo proyecto.

12.2. PRESUPUESTOS PARCIALES

SUBUNIDAD	COSTE (€)
Obra Civil	1.639.944,25
Equipos y tanques almacenamiento (CE)	1.852.715
Tuberías y aislamientos	37.886,64
Instrumentación y control	62.827
Sistema eléctrico (= 0,15*CE)	277.907,25
Instalación (= 0,3*CE)	555.814,5
Seguridad	5.198
Presupuesto Parcial (Costes Directos, C.D.) = 4.432.292,64	
COSTES INDIRECTOS (C.I.)	
Proyecto básico (9% total)	398.906,34
Ingeniería de detalle (10% total)	443.229,26
IMPREVISTOS (10% total)	443.229,26
RETRIBUCIONES CONTRACTUALES (0,05%)	2.216,15
Capital Directo a Invertir = C.D. + C.I. = 5.719.873,65	

Tabla 12.1 Presupuestos parciales.

12.3 COSTES ANUALES DE OPERACIÓN.

Capítulo	Coste (€/ año)
MANO DE OBRA	220.893,1
MATERIAS PRIMAS	918.469
RESIDUOS	900
ELECTRICIDAD	4.506,1
VAPOR	70.446,7
LABORES LABORAT.	3.780
LABORES ALMACÉN	4.536
GASTOS ADMINISTR.	1.512
MANTENIMIENTO	6.300
AMORTIZACIÓN	571.987,37
TOTAL	1.803.330,27

Tabla 12.2 Costes anuales de operación.

12.4. BENEFICIOS POR VENTAS

Producto	Cantidad (Tm / año)	Precio unitario (€/ kg)	Ingresos (€año)
Azúcares simples	2540,16	0,90	1270080

Tabla 12.3 Beneficios por ventas.

CAPÍTULO 13: BIBLIOGRAFÍA.

Libros

- Robert H. Perry, Cecil H. Chilton. “Manual del Ingeniero Químico”. 2001. Editorial: McGraw-Hill 5ª Edición.
- Eugene F. Megyesy. “Manual de Recipientes a Presión. Diseño y Cálculo”. 2001. Editorial Limusa, S.A
- S. Timoshenko. “Resistencia de materiales, Tomo II”. 1961. Editorial Espasa-Calpe, S.A.
- Ruiz C. “Proyecto y Construcción de Recipientes a Presión”. 1976. Editorial: Urmo, S.A.
- Badger, W. L. Y Branchero, J. T. “Introducción a la Ingeniería Química”. 1967. Ediciones del Castillo, S.A.
- Brown, G. G. “Operaciones básicas de Ingeniería Química”. 1970. Editorial. Marín, S.A.
- McCabe Smith Harriot. “Operaciones unitarias en Ingeniería Química”. 2002. Editorial: Mc Graw Hill.
- J.D. Gilchrist. “Hornos”. 1969. Editorial: Alhambra.
- Jesús M. Santamaría, Javier Herguido, Miguel A. Menéndez, Antonio Monzón. “Ingeniería de reactores”. 2002. Editorial: Síntesis.
- B. Atkinson. “Reactores Bioquímicos”. 1986. Editorial: Reverté

- Gòdia Casablanças, F. Y López Santín, J. “Ingeniería Bioquímica”. 1998. 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.
- Mills, A. F. “Transferencia de calor”. 1995. Editorial: Mc Graw Hill.
- Holman, J. P. “Transferencia de calor” 1998. Editorial: Mc Graw Hill.
- Levenspiel, O. “Flujo de Fluidos e Intercambio de calor”. 1998. Editorial: Reverté, S.A.
- Ranald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu. “Mecánica de los fluidos e hidráulica”.1994. Editorial: Mc Graw Hill.

Artículos

- L. Jiménez and J.L.Bonilla. “Acid Hydrolysis of sunflower residue biomass”. 1993. *Process Biochemistry*. pp. 243-247. vol.28.
- McMillan J. D. “Pretreatment of lignocellulosic biomass. In: Enzymatic conversion of biomass for fuel production”. 1994. *American Chemical Society, Washinton*. pp. 292-324.
- Zanin, G. “Brazilian bioethanol program”. 2000 *M.Appl. Biochem & Biotechnol*. pp. 1.147-1.161. vol.84-86.
- Burczyc, J. Chem. Spozyw. “Production of anhydrous bioethanol as component of engine fuels”. 1999. *Bioethechnol*. pp. 215-226. vol.58

- Arias Vázquez, J. “Simulación del proceso de síntesis de etil-ter-butil-éter(ETBE)”. 2001. *Ingeniería Química* n°385.
- S. J. Téllez-Luis, J. A. Ramírez, M. Vázquez. “Mathematical modelling of hemicellulosic sugar production from sorghum straw”. 2001. *Journal of Food Engineering*. pp. 285-291. vol.52.
- R. Aguilar, J. A. Ramírez, G. Garrote, M. Vázquez. “Kinetic study of the acid hydrolysis of sugar cane bagasse”. 2002. *Journal of Food Engineering*. pp. 309-318. vol.55.
- V Marechal, L. Rigal. “Characterization of by-products of sunflower culture-commercial applications for stalks and heads”. 1999. *Industrial crops and products*. pp. 185-200. vol.10
- A. Ince, S. Ugurluay, E. Güzel, M.T. Özcan. “Bending and Shearing Characteristics of sunflower stalk residue”. 2005. *Biosystems Engineering*. pp. 175-181. vol.92.
- Sanjeev K. Sharma, Krishan L. Kalva, Harmeet S. Grewal. “Enzymatic Saccharification of pretreated sunflower stalks”. 2002. *Biomass & Bioenergy*. pp. 237-243. vol.23.
- I. Ballesteros, J.M. Oliva, M.J. Negro, P. Manzanares, M. Ballesteros. “Enzymic hydrolysis of steam exploded herbaceous agricultural waste (*Brassica carinata*) at different particule sizes”. 2002. *Process Biochemistry*. pp. 187-192. vol.38.
- A.B. López-Silva, M.T. Moreira Vilar, X. Feijoo Costa. “Proceso de fabricación de bioetanol (I)(II)y(III)”. 2002. *Biotecnología* . pp. 213-217.

- Nathan Moisiej, Charles Wyman, Bruce Dale, Richard Elander. “Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass”. 2004. *Bioresource Technology*. pp. 673-686. vol.96.
- Alexander Emmel, Alvaro L. Mathias, Fernando Wypych, Luiz P. Ramos. “Fractionation of Eucalyptus grandis chips by dilute acid-catalysed steam explosion”. 2003. *Bioresource Technology*. pp. 105-115. vol.86.
- R.P. Tengerdy, G. Szakacs. “Bioconversion of lignocellulose in solid substrate fermentation”. 2003. *Biochemical Engineering Journal*. pp. 169-179. vol.13.
- Zheng Y. Z., Lin H. M., & Tsao G. T. “Pretreatment for cellulose hydrolysis by carbon dioxide explosion”. 1998. *Biotechnol. Prog.* pp. 890-896. vol.14.
- Cadoche L. & López G. D. “Assessment of size reduction as a preliminary step in the production of ethanol from lignocellulosic wastes”. 1989. *Biol. Wastes*. pp 153-157. vol. 30.
- Duff S. J. B. & Murray W. D. “Bioconversion of forest products industry waste cellulosic to fuel ethanol.”. 1996. *Bioresour. Technol.* pp. 1-33. vol. 55.
- Nguyen Q. A., Tucker M. P., Keller F. A., Beaty D. A., Connors K. M., & Eddy F. “Dilute acid hydrolysis of softwoods”. 1999. *Appl. Biochem. Biotechnol.* pp. 133-142. vol. 77.
- Torget R., Werdene P., Himmel M., & Grohmann K. “Dilute acid pretreatment of short rotation woody and herbaceous crops”. 1990. *Appl. Biochem. Biotechnol.* pp. 115-126. vol. 24.

- Tenborg C., Stenberg K., Galbe M., Zacchi G., Larsson S., & Hahn-Hägerdal B. “Comparison of SO₂ and H₂SO₄ impregnation of softwood prior to steam pretreatment on ethanol production”. 1998. *Appl. Biochem. Biotechnol.* pp. 3-15. vol. 70.
- Stenberg K., Tenborg C., Galbe M., Zacchi G., Palmqvist E., & Hahn-Hägerdal B. “Recycling of process stream in ethanol production from softwood based on enzymatic hydrolysis”. 1998. *Appl. Biochem. Biotechnol.* pp. 697-708. vol. 70.
- Galbe M. & Zacchi G. “A review of the production of ethanol from softwood”. 2002. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* pp. 618-628. vol. 59.
- Negro M. J., Manzanares P., Ballesteros I., Oliva J. M., Cabañas A., & Ballesteros M. “Changes in various physical/chemical parameters of *Pinus radiata* wood after steam explosion pretreatment”. 2003. *Biomass Bioenergy*.
- Laser M. S., Schulman D., Allen S. G., Lichwa J., Antal M. J., & Lynd L. R. “A comparison of liquid hot water and steam pretreatments of sugar cane bagasse for bioconversion to ethanol”. 2002. *Bioresour. Technol.* pp. 33-44. vol. 81.
- Larsson S., Cassland P., & Jönsson L. J. “Development of *Saccharomyces cerevisiae* with enhanced resistance to phenolic fermentation inhibitors in lignocellulose hydrolysates by heterologous expression of laccase”. 2001. *Appl. Environ. Microbiol.* pp. 1163-1170. vol. 67.
- Vidal P. F. & Molinier J. “Ozonolysis of lignin- improvement of in vitro digestibility of poplar sawdust”. 1988. *Biomass.* pp. 1-17. vol. 16.
- Boominathan K. & Reddy C. A. “mediated differential regulation of lignin peroxidase and manganese-dependent peroxidase production in the

white-rot basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*". 1992. *Proc. Natl. Acad. Sci.* pp. 5586-5590. vol. 12.

Otros

- 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.
- Oliva Domínguez, J. M. "Efectos de los productos de degradación originados en la explosión por vapor de biomasa de chopo sobre *Kluyveromyces marxianus*". 2003. Tesis doctoral. Universidad de Alcalá de Henares.
- www.asagir.org. Página de información sobre los girasoles.



FACULTAD DE **CIENCIAS**
Título de Ingeniero Químico



**“DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE
PROCESADO DE RESIDUOS DE COSECHA DE
GIRASOL POR HIDRÓLISIS ÁCIDA”**

ANEXO MEMORIA DESCRIPTIVA

Ibán Rodríguez Rodríguez

Octubre 2006

Ácido Sulfúrico

1.- IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA Y DE LA COMPAÑÍA

1.1.- Identificación de la sustancia:

Nombre químico: **ÁCIDO SULFÚRICO** (25% a 98%)

Designación o nombre comercial: **Ácido Sulfúrico**

Sinónimos comúnmente utilizados:

Número registro CAS: 7664-93-9

Número EINECS: 231-639-5

Nombre EINECS: **Ácido Sulfúrico**

Fórmula molecular: H_2SO_4

1.2.- Compañía: **FERTIBERIA. S.A.**

Dirección: **C/ Joaquín Costa, 26-28002 Madrid**

Teléfono: **91.586.62.00**

Fábricas productoras:

- **Fábrica de Huelva**

Teléfono: **959-28.12.11**

Fax: **959-26.36.04**

1.3.- Llamadas de emergencia:

Teléfono de las Fábricas: **Ver punto 1.2**

Organismo oficial de contacto: **CECEM**

2.- COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

2.1.- Composición: **Soluciones acuosas de ácido sulfúrico, conteniendo del 25% al 98% de H_2SO_4 .**

2.2.- Clasificación: **Corrosivo de acuerdo con la clasificación de la CE.**

3.- IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

3.1.- Sobre el hombre: El ácido sulfúrico es altamente corrosivo para todas las partes del cuerpo. Los vapores son corrosivos para el tracto respiratorio y pueden causar edema pulmonar que pudiera llegar a ser fatal.

Contacto con la piel: Las salpicaduras de líquido puede producir quemaduras severas en la piel.

Contacto con los ojos: Puede causar severas quemaduras. Puede causar daños prolongados o Permanentes.

Ingestión: Puede causar inmediatamente severas corrosiones y daños en el tracto gastro-intestinal.

Inhalación: Los vapores son severamente irritantes para el tracto respiratorio. Puede presentarse edema pulmonar, pasadas 48 horas, después de una severa exposición que podría llegar a ser fatal.

Límites de efectos prolongados: La exposición ocupacional a nieblas de ácidos inorgánicos fuertes conteniendo ácido sulfúrico ha sido relacionada con un incremento de la incidencia sobre el cáncer de laringe y en menor grado el de pulmón.

3.2.- Sobre el medio ambiente: El ácido sulfúrico es nocivo para la vida acuática.

3.3.- Otros: El ácido sulfúrico es un agente oxidante, puede ayudar a la combustión. Puede reaccionar violentamente con el agua. Fuertemente reactivo con materiales metálicos y orgánicos.

4.- PRIMEROS AUXILIOS

4.1.- Producto: La rapidez es esencial. En todos los casos obtener atención médica.

Contacto con la piel: Eliminar la ropa contaminada y lavar o duchar la piel afectada con gran cantidad de agua. Obtener inmediatamente atención médica.

Contacto con los ojos: Lavar inmediatamente los ojos con solución de lavado ocular o con agua durante al menos 10 minutos. Continuar lavando hasta conseguir la atención médica. Mantener los párpados abiertos durante los lavados.

Ingestión: No provocar el vómito. Si la persona está consciente, lavar la boca con agua y darle a beber 2 o 3 vasos de agua. Trasladar inmediatamente el paciente al hospital.

Inhalación: Trasladar a la persona afectada al aire fresco en seguida. Mantener al paciente caliente y en reposo. Suministrar oxígeno si existe personal competente para hacerlo. Aplicar respiración artificial, si la respiración se ha parado o hay indicios de fallos. Transportar a la víctima al hospital inmediatamente.

Otros consejos médicos: Después de la exposición, el paciente se mantendrá bajo vigilancia médica durante al menos 48 horas, como prevención a un posible desarrollo de edema pulmonar.

5.- MEDIDAS DE LUCHA CONTRA EL FUEGO

No inflamable. Es un agente oxidante y puede favorecer la combustión.

5.1.- Medios de extinción apropiados: Polvo seco. Utilizar agua pulverizada para enfriar los recipientes. El medio de extinción apropiado para la sustancia es el agua.

5.2.- Riesgos específicos si el producto está involucrado en un fuego: No es combustible, pero algunas reacciones pueden causar fuego y explosión. Desprende gases tóxicos (óxidos de azufre) cuando se descompone e hidrógeno por reacción con metales. Usar equipos de respiración autónoma y ropa de protección total.

6.- MEDIDAS ANTE UN DERRAME ACCIDENTAL

6.1.- Precauciones personales: Ponerse el equipo de protección antes de entrar en el área de peligro. (ver punto 8). Ventilar la zona de derrame o fuga.

6.2.- Precauciones medioambientales: Tomar precauciones para evitar la contaminación de los cursos de agua y drenajes. Informar a la autoridad correspondiente en caso de contaminación accidental de los cursos de agua.

6.3.- Métodos de limpieza: Los pequeños derrames se diluyen con cantidades grandes de agua. Contener grandes fugas con arena o tierra si es necesario. Neutralizarlo cuidadosamente con carbonato sódico en polvo o caliza (existe riesgo de generación de calor y salpicaduras de ácido) y recuperar los residuos.

7.- MANEJO Y ALMACENAMIENTO

7.1.- Manejo: Proporcionar una ventilación adecuada. Utilizar protección de ojos y manos cuando se manejen pequeñas cantidades. Usar equipo de protección total cuando exista riesgo de salpicaduras o derrames. Cuando se diluye, adicionar siempre el ácido sobre el agua y nunca el agua sobre el ácido. Evitar la inhalación de altas concentraciones de nieblas.

7.2.- Almacenamiento: Almacenar en zonas frescas y bien ventiladas. Alejar de los materiales combustibles, agentes reductores, bases fuertes, metales. Las tapas y puertas de los recipientes de acero deben abrirse periódicamente para desalojar el hidrógeno. No permitir fumar ni el uso de lámparas sin protección. Se cumplirán las prescripciones de la ITC-MIE-APQ-006 "Almacenamiento de líquidos corrosivos".

8.- CONTROL DE LA EXPOSICION / PROTECCION PERSONAL

8.1.- Límites de exposición recomendados: Valores recomendados por la ACGIH (tablas 1995-96): TLV-TWA : 1 mg./m³. TLV-STEL : 3 mg./m³.

8.2.- Medidas de precaución y equipos mecánicos: Ventilación local asistida. Instalar equipos lava-ojos y duchas de seguridad en cualquier lugar en donde se pueda producir contacto con los ojos y la piel.

8.3.- Protección personal: Utilizar equipos de respiración, si los niveles de exposición exceden de los límites recomendados. Utilizar guantes resistentes al ácido, calzado, delantal y ropa de protección. Gafas de seguridad química o pantalla de protección facial.

9.- PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto: : Líquido de incoloro a amarillo.

Olor: Olor acre.

pH (sin diluir): < 1.

Punto de congelación: 3 °C (98%)

Punto de ebullición: > 330°C (98,3%)

Presión de vapor: < 0,1 Pa a 20 °C.

Densidad de vapor (aire=1): 3,4.

Solubilidad en agua: miscible en todas las proporciones.

Densidad a 15 °C (agua=1): 1,84 (98%)

10.- ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

10.1.- Estabilidad: Este producto es muy estable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso.

10.2.- Condiciones a evitar: Altas temperaturas.

10.3.- Materiales a evitar: Sustancias combustibles, agentes reductores y bases fuertes. Por encima del 60% la solución es un oxidante fuerte, reacciona con la mayoría de los compuestos orgánicos y ataca a la ropa. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con las bases y es corrosiva. Ataca a la base de los metales (excepto al plomo) formando gas combustible (hidrógeno).

10.4.- Reacciones peligrosas/descomposición de producto: Se desarrollan dióxido de azufre, trióxido de azufre e hidrógeno.

11.- INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

11.1.- General: El ácido sulfúrico es altamente corrosivo para todas las partes del cuerpo.

11.2.- Datos toxicológicos:

Contacto con la piel: Dolor, quemaduras severas. El contacto prolongado y repetido a soluciones diluidas puede causar dermatitis.

Contacto con los ojos: Dolor inmediato, quemaduras severas, daño permanente de la córnea que puede resultar con ceguera.

Inhalación: Las nieblas y vapores pueden causar dolor de garganta, tos, respiración entrecortada, respiración dificultosa. La sobreexposición severa puede causar edema pulmonar. La exposición prolongada y repetida a nieblas y vapores de ácido sulfúrico puede causar erosión de los dientes, irritación crónica de la nariz, garganta y conductos bronquiales.

Ingestión: Dolor, quemaduras severas en la boca, garganta y daños en el tracto gastro- intestinal.

11.3.- Otros Datos: La Agencia Internacional para la investigación del Cáncer (IARC) ha llegado a la conclusión que la exposición ocupacional a los ácidos inorgánicos fuertes y nieblas que contienen ácido sulfúrico es cancerígeno para el hombre, causando cáncer de laringe y, en menor grado, de pulmón. Aunque no se ha establecido la relación directa entre la exposición al ácido sulfúrico y el cáncer en el hombre, debe evitarse la exposición a nieblas y aerosoles durante la manipulación del mismo y, en todo caso, mantenerse en exposiciones por debajo de los límites de exposición recomendados para el ácido sulfúrico.

12.- INFORMACIÓN ECOLÓGICA

12.1.- Movilidad: Soluble en agua.

12.2.- Persistencia y degradabilidad: Es improbable que cause efectos perniciosos. Quedarán restos indefinidamente como sulfatos.

12.3.- Bioacumulación: Este producto tiene un bajo potencial de bioacumulación.

12.4.- Ecotoxicidad: El ácido sulfúrico es nocivo para la vida acuática aún a bajas concentraciones.

13.- CONSIDERACIONES PARA SU ELIMINACIÓN COMO RESIDUO

13.1.- General: La eliminación como residuo estará de acuerdo con la legislación nacional o local.

14.- INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE

14.1.- Clasificación Naciones Unidas: Clase 8, sustancia corrosiva, Nº ONU 1830.

14.2.- Detalles: ADR/RID : Clase 8, ítem : 1º b), etiqueta : 8, Embalaje Grupo II. IMDG : Clase 8, etiqueta: 8, Embalaje Grupo II.

15.- INFORMACIÓN REGULADORA

15.1.- Clasificación y etiquetado de acuerdo con la Directiva 67/548/EEC:

Clasificación: Corrosivo.

Símbolo de peligro: C, representación de ácido en acción.

Frases de riesgos R 35: Causa severas quemaduras.

Consejos de seguridad: S 2 : Mantener fuera del alcance de los niños. S 26 : En caso de contacto con los ojos, lavar con gran cantidad de agua y pedir ayuda médica. S 30 : Nunca adicionar agua a este producto. S 45 : En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible, muéstrole la etiqueta).

15.2.- Directivas CE:

Directivas 67/548/EEC y 88/379/EEC : Clasificación, envasado y etiquetado. 96/82/CE Control de los riesgos inherentes a los accidentes graves.

15.3.- Leyes nacionales.

RD 1254/1999: Control de los riesgos inherentes a los accidentes graves.

RD.145/1989: Reglamento Nacional de Admisión, Manipulación y Almacenamiento en los puertos. Instrucción Técnica Complementaria MIE-APQ-006 "Almacenamiento de líquidos corrosivos".

RD. 1078/1993: Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado.

RD. 363/1995: Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

RD. 374/2001: Protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a riesgos de agentes químicos.

16.- INFORMACIÓN ADICIONAL

16.1.- Referencias:

- Guía para la compilación de SAFETY DATA SHEETS para los materiales fertilizantes editada por EFMA - Edición 1996.

La información contenida en esta Ficha de Datos de Seguridad se da de buena fe y creyendo en su exactitud, en base al conocimiento que se dispone sobre el producto en el momento de su publicación. No implica la aceptación de ningún compromiso ni responsabilidad legal por parte de la Compañía por las consecuencias de su utilización o su mala utilización en cualesquiera circunstancias particulares.

Fecha 1º edición: 18-12-96. Fecha revisión: 04/01/05



FACULTAD DE **CIENCIAS**
Título de Ingeniero Químico



**“DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE
PROCESADO DE RESIDUOS DE COSECHA DE
GIRASOL POR HIDRÓLISIS ÁCIDA”**

**DOCUMENTO N° 2:
MEMORIA TÉCNICA Y CÁLCULOS
JUSTIFICATIVOS**

Ibán Rodríguez Rodríguez

Octubre 2006

ÍNDICE.

DOCUMENTO 2: MEMORIA TÉCNICA.

II.- MEMORIA TÉCNICA.

1. BALANCE DE MATERIA	Pág. 1
1.1. BASES DE DISEÑO	Pág. 1
1.2. BALANCE ETAPAS DE PRETRATAMIENTO	Pág. 2
1.3. FASE DE HIDRÓLISIS	Pág. 2
1.3.1. BALANCE AL REACTOR.....	Pág. 3
2. SILO DE ALMACENAMIENTO	Pág. 5
2.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 5
2.2. CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES.....	Pág. 6
2.3. CÁLCULO DEL ESPESOR.....	Pág. 7
2.4. SELECCIÓN DEL SILO	Pág. 10
3. DISEÑO TANQUES DE ALMACENAMIENTO	Pág. 11
3.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 11
3.2. CLASIFICACIÓN DE TANQUES	Pág. 12
3.3. DISEÑO MECÁNICO TANQUES DE ALMACENAMIENTO	Pág. 16
3.3.1. DIMENSIONES CARACTERÍSTICAS	Pág. 16
3.3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	Pág. 17
3.3.3. CÁLCULO DE ESPESORES.....	Pág. 23
4. REACTOR DISCONTINUO	Pág. 30
4.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 30
4.2. ELEMENTOS Y ACCESORIOS DEL REACTOR.....	Pág. 30
4.3. REACCIONES.....	Pág. 32
4.3.1. CORRIENTES DE ENTRADA.....	Pág. 32
4.3.2. CORRIENTES DE SALIDA	Pág. 33

4.4. CALCULO DEL VOLUMEN Y DIMENSIONES CARACTERÍSTICAS	Pág. 34
4.5. SELECCIÓN DEL MATERIAL EMPLEADO	Pág. 37
4.6. VARIABLES DE DISEÑO	Pág. 38
4.7. CÁLCULO DE ESPESORES.....	Pág. 39
4.8. BALANCE DE ENERGÍA	Pág. 41
5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN DEL REACTOR.....	Pág. 45
5.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA	Pág. 45
5.2. CÁLCULO DEL ÁREA DEL SERPENTÍN.....	Pág. 46
6. CÁLCULO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS DE PROCESO.....	Pág. 48
6.1. RED DE TUBERÍAS	Pág. 48
6.2. CAUDALES	Pág. 49
6.3. SELECCIÓN DE TUBERÍAS.....	Pág. 49
6.4. CÁLCULO DE ESPESORES DE PARED	Pág. 50
6.5. PÉRDIDAS DE CARGA.....	Pág. 52
6.5.1 PÉRDIDA DE CARGA MAYORES	Pág. 52
6.5.2. PÉRDIDA DE CARGA MENORES	Pág. 53
6.6. UNIONES	Pág. 55
7. CÁLCULO DE EQUIPOS PARA LA IMPULSIÓN DE FLUIDOS	Pág. 56
7.1. DISEÑO DE BOMBAS.....	Pág. 56
7.1.1. INTRODUCCIÓN	Pág. 56
7.1.2. CARACTERÍSTICAS BOMBAS CENTRÍFUGAS.....	Pág. 56
7.1.1. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS.....	Pág. 58

1. BALANCE DE MATERIA.

1.1. BASES DE DISEÑO. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La planta de producción de bioetanol objeto del presente proyecto se va a diseñar en base a las siguientes consideraciones:

- Capacidad de producción de la planta : 40000 kg/día
- Régimen de operación de la planta: la planta se encontrará operativa durante 21 días al mes, 24 horas al día, lo que supone un total de 252 días de operación anuales.

Para la obtención de 1000 kg de azúcares simples se necesitaran unos 4000 Kg de tallos de girasol.

Consumos específicos de materia prima para la producción de 1 Tonelada de azúcares simples.	
	Consumo (kg)
Tallos de girasol	4000
Acido sulfúrico al 6%	32000

Tabla 1.1. Consumos específicos.

La alimentación es una corriente de residuos de girasol cuya composición es variable, aunque deberá cumplir ciertos requisitos, y de la que se tomará la siguiente composición promedio.

Componente	Valor(%)
Celulosa	36
Hemicelulosa	33
Lignina	18
Otros	13

Tabla 1.2. Composición de los tallos de girasol.

Se considera que en el pretratamiento antes de llegar a los silos, a la materia prima le han sido retirados todos los sólidos extraños e impurezas.

La descripción básica de los balances de materia se va a realizar en unidades másicas, ya que en unidades molares necesitaríamos los pesos moleculares y son de difícil determinación en el caso de las celulosas, hemicelulosas y lignina debidas a su composición.

1.2. BALANCE ETAPAS DE PRETRATAMIENTO.

En esta fase del proceso: molienda, y almacenamiento, solamente se produce una reducción de tamaño, y los tallos de girasol no se van a ver afectados en su composición.

1.3. FASE DE HIDRÓLISIS

Se va a partir para el estudio de las siguientes premisas:

- La relación entre materia prima y ácido sulfúrico es de 1g materia prima/8 g H₂SO₄
- La cantidad de materia prima aportada a cada reactor es de 1250 kg tendremos 8 reactores y operaran en 4 ciclos.
- La reacción principal que va a tener lugar es la de celulosa a glucosa.
- La composición de los tallos de girasol alimentados al reactor es de 36% de celulosa.
- La conversión alcanzada en la reacción de hidrólisis es del 70%, teniendo en cuenta solamente la conversión de celulosa a glucosa y sin contar las hemicelulosas y otros azúcares
- Tendrán lugar a la vez de la hidrólisis otras reacciones secundarias que consideraremos despreciables.
- Los valores óptimos para llevar a cabo la reacción será de una temperatura de 140°C y una concentración de ácido al 6%.

1.3.1. BALANCE AL REACTOR

En el tiene lugar la reacción de hidrólisis, mezclándose la materia prima (tallos de girasol) procedente de los molinos mediante bandas transportadoras y el ácido sulfúrico al 6% procedente de la líneas L-102 a L-108, esta línea procede de la línea de agua y de ácido sulfúrico puro que se mezclan a partir de un mecanismo de dosificación (bomba dosificadora). El valor de acidez es recogido por un sensor de pH instalado en el reactor.

En la siguiente tabla se recogen las cantidades necesarias a aportar a uno de los 8 reactores de hidrólisis.

Tabla 1.4. Cantidades a aportar para el reactor R-01.

componente		estado de referencia	entrada		salida	
tallos de girasol	celulosa	solido 1atm 25°C	1250	450	X	
	resto			800		
acido sulfurico (6%)		líquido 1 atm 25°C	10000		10000	
Producto obtenido	glucosa	líquido 1 atm 140°C	X		1250	315
	resto					935

Teniendo en cuenta que esto es para un reactor y se tiene un total de 8 reactores, que trabajan durante 4 ciclos la producción será:

Componente	Cantidad (kg)
Tallos de girasol	10000
Celulosa	3600
Acido sulfurico	80000
Glucosa	2520

Tabla 1.5 Producción para un ciclo.

Componente	Cantidad (kg)
Tallos de girasol	40000
Celulosa	14400
Acido sulfurico	320000
Glucosa	10080

Tabla 1.6. Producción diaria para los 8 reactores.

Es decir, la producción diaria de azúcares simples será aproximadamente de 10 toneladas de glucosa.

2. SILO DE ALMACENAMIENTO

1.1. INTRODUCCIÓN.-

El material almacenado en este tipo de depósito será tallos de girasol. Este producto pasará por gravedad a la cinta transportadora, a través de una válvula rotativa en el fondo del silo.

Las dimensiones del silo se calculan con suficiente exactitud partiendo de las cantidades de producto a aportar y de su densidad, se debe tener en todo momento una comprobación rigurosa de las cantidades, comprobando la cantidad de material que se va a introducir en el depósito y la cantidad que abandonará el mismo. Estará fabricado en acero inoxidable SS-316, revestido interiormente con vidrio fundido para facilitar con ello el deslizamiento del producto, disminuyendo el coeficiente de fricción sólido-superficie.

El principal problema en el diseño de un depósito es conseguir una descarga satisfactoria. La abertura se situará como es lógico en el fondo del depósito ya que la descarga se lleva a cabo por gravedad. Una salida por el fondo no se obstruye con facilidad y no genera presiones anormalmente elevadas sobre ningún punto de las paredes. Cuando se abre la salida situada en el fondo del depósito, el material situado inmediatamente encima de la abertura comenzará a fluir. Dependiendo de la inclinación de las paredes del depósito se desarrollará uno u otro modelo de flujo. La velocidad de flujo de los sólidos a través de la abertura circular en el fondo del depósito dependerá del diámetro de la abertura y de las propiedades de los sólidos. Generalmente no depende de la altura del lecho de sólidos. Lo óptimo es hacer la abertura lo suficientemente grande de modo que pase todo el flujo deseado cuando se abra la mitad, haciendo así que su cierre sea fácil y evitando atascamientos, si la abertura es muy grande, la válvula de expulsión puede ser difícil de cerrar y el control de la velocidad del flujo sería deficiente.[Manual del ingeniero químico, 7ª Edición, Robert H. Perry. Editorial Mc Graw Hill,2001]

2.2. CALCULO DE LAS DIMENSIONES.

Como ya se comentó el silo de almacenamiento adecuado para este tipo de procesos, es un silo de flujo de masa cilíndrica. Teniendo en cuenta esto, el volumen del silo vendrá dado por la expresión siguiente:

$$V_{\text{tolva}} = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

Donde:

- H: Altura del silo.
- R: Radio del silo.

En función de la materia prima a tratar se calcula el volumen que debe tener el silo, y considerando las características de las existentes en el mercado se elige el más apropiado.

El caudal másico a tratar es de 40.000 kg/día y queremos que la planta almacene materia prima para poder abastecernos de materia prima durante 5 días, la densidad de los tallos de girasol es aproximadamente 430 kg/m³.

$$40.000 \text{ kg/día} \cdot 5 \text{ días} = 200.000 \text{ kg} \quad 200.000 \text{ kg} / 430 \text{ kg/m}^3 = 465,12 \text{ m}^3$$

Ya tenemos el volumen total, ahora tenemos que determinar el número de silos que serán 20, es decir cada silo almacenará 10.000 kg de tallos de girasol que se corresponden con la cantidad tratada en un ciclo. El volumen de un silo será por tanto.

$$V_S = 465,12 / 20 = 23,26 \text{ m}^3$$

Se trata de un silo troncocónico. Por tanto el volumen será la suma de un cilindro y de un troncocono. A continuación se incluyen las ecuaciones de los volúmenes.

$$V_C = \pi/4 \cdot D^2 \cdot H$$

$$V_T = \pi/12(D^2 \cdot (h+h') - d^2 \cdot h')$$

El ángulo de inclinación del silo respecto de la horizontal será de 60° para garantizar la salida del producto.

Por razones de seguridad no se puede llenar todo el tanque por lo que se deja un 20% de espacio libre, por tanto el volumen ahora será:

$$V = 23,26 \cdot (1+0,20) = 27,91 \text{ m}^3$$

Por otro lado cabe decir que los radios del silo están condicionados por la anchura del camión de descarga de la materia prima al silo, y el radio inferior está condicionado por la banda transportadora que es donde va a parar la materia prima. Suponiendo los radios ya solo queda por saber la altura.

$$V_{TOTAL} = V_C + V_T = \pi/4 \cdot D^2 \cdot H + \pi/12(D^2 \cdot (h+h') - d^2 \cdot h')$$

Para:

$$D = 2 \text{ m}$$

$$d = 1 \text{ m}$$

$$h = \tan \alpha \cdot (D/2 - d/2) = 0,87 \text{ m}$$

$$h' = d/2 \cdot \tan \alpha = 0,87 \text{ m}$$

$$H = 8,38 \text{ m}$$

1.2. CÁLCULO DEL ESPESOR DE LAS PAREDES DEL SILO.

En este apartado se pretende determinar el espesor que deben tener las paredes del silo para que sean capaz de soportar la presión que ejercerán la materia prima almacenada. Así, primero se calcula la presión que ejerce la materia prima sobre las paredes del silo (siguiendo la norma NBE AE-88, capítulo IX) y hallando posteriormente el espesor mínimo de estas paredes necesario para soportar dicha presión, según el tipo de material de construcción, que en este caso es acero inoxidable SS-316.

Cálculo de la presión ejercida por la materia prima sobre las paredes del silo.

Siguiendo la norma anterior, donde se especifica que para calcular la presión ejercida en las paredes de un silo, por el producto almacenado, se usa la expresión:

$$P_N = P_H \cdot \text{sen}^2 \alpha + P_V \cdot \text{cos}^2 \alpha$$

Donde:

P_N : Presión normal sobre la pared del silo.

P_H : Presión horizontal sobre la pared.

P_V : Presión vertical sobre la pared.

α : Ángulo agudo que forman las paredes del silo con la horizontal, (en el caso del silo cilíndrico el ángulo es 90°)

A su vez P_H y P_V se calculan según las expresiones:

$$P_H = \gamma \cdot Z_0 \cdot (1 - e^{-Z/Z_0}) \cdot \lambda_H$$

$$P_V = \gamma \cdot Z_0 \cdot (1 - e^{-Z/Z_0})$$

Donde:

γ = Densidad del producto almacenado.

Z = Profundidad a la que se halla la presión = H (ya que si se supone que el silo está lleno, la mayor presión se dará en la parte inferior)

Z_0 = Profundidad crítica = $A/U \cdot \lambda_v$

Siendo: A = Área de la sección mayor

U = Perímetro de la sección mayor.

λ_H = Coeficiente de empuje activo horizontal

λ_v = Coeficiente de empuje activo vertical.

Y a su vez λ_H y λ_v se calculan según la tabla de coeficientes de empuje activo (Tabla 1.1 Anexo Gráfico) en función de:

ξ = Ángulo de rozamiento de la materia prima = 30° (La norma incluye una tabla con los valores de ξ para distintos materiales pero no se incluye entre ellos los tallos de girasol; así se toma éste valor como más aproximado según los valores de la tabla).

$$\cotg\alpha = 0$$

δ = Ángulo de rozamiento entre la materia prima y el silo = 20°

β = Ángulo del talud de los tallos de girasol = 0 (se supone que no existe talud por seguridad).

Por lo tanto los valores de λ_H y λ_V son:

$$\lambda_H = 0,28$$

$$\lambda_V = 0,10$$

Según tabla de coeficientes activos.[Fuente: Ruiz, C; 1976.]

Sustituyendo en la expresión:

$$Z_0 = A/U \cdot \lambda_V = 5 \text{ m}$$

Ya se puede determinar la siguiente relación

$$Z/Z_0 = 1,274$$

Y utilizando la tabla 1.2. del Anexo Gráfico Función de presión en silos obtenemos $1 - e^{-Z/Z_0}$.

Por lo que ya se puede calcular los valores de las expresiones:

$$P_H = 425,61 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_V = 1520,1 \text{ Kg/m}^2$$

Por último sustituyendo en P_N :

$$P_N = P_H \cdot \text{sen}^2\alpha + P_V \cdot \text{cos}^2\alpha = 699,23 \text{ Kg/m}^2$$

Así pues se obtiene la presión ejercida por la materia prima sobre las paredes de cada silo que es de $699,23 \text{ Kg/m}^2$. Se puede ahora, calcular el espesor del material requerido para soportar esa presión.

Cálculo del espesor mínimo de las paredes de la tolva.

El cálculo del espesor de material mínimo, correspondientes a las paredes de un silo se calcula según la siguiente ecuación:

$$E = P \cdot D / \sigma$$

Donde:

P = Presión interna de la tolva

D = Diámetro del depósito

σ = Resistencia característica del material. Para acero inoxidable SS-316 a temperatura ambiente se considera 1082,5 Kg/cm².

Sustituyendo los valores obtenemos el siguiente espesor:

$$e = 0,13 \text{ mm}$$

Puesto que el espesor del silo existente en el mercado es de 3 mm, se comprueba que este espesor soporta la presión ejercida por la materia prima.

2.3. SELECCIÓN DEL SILO

Según los tipos de silos existentes en el mercado, el que mejor se adapta a las condiciones del Proyecto fin de Carrera es un silo de almacenaje con equipamiento completo (ver ficha en Anexo Gráfico). El silo seleccionado tendría un diámetro nominal de 2.400 mm y una capacidad entre 13,5 y 67,2 m³.

3. DISEÑO TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

3.1. INTRODUCCIÓN

Al tratarse de una industria que va a operar con cantidades relativamente elevadas de productos líquidos, existe de la obligación de disponer de grandes capacidades de almacenamiento, por lo que va a destacar una gran superficie destinada al almacenamiento.

Según su función, podemos clasificar los tanques de almacenamiento en dos tipos: los que se destinan al almacenamiento de las materias primas (residuos de girasol y ácido sulfúrico), y los que sirven para almacenar los productos terminados: azúcares simples.

En el diseño de los tanques se ha tenido en cuenta también el aspecto económico, procurando minimizar el costo de estos depósitos. Hay que considerar que al introducir en planta nuevas unidades complica el diseño y el costo es mayor (costo asociado a la materia prima almacenada y al de la propia instalación) aunque las ventajas y beneficios anteriores superan con creces a los costes. Por ello, se ha de utilizar el almacenamiento de una forma racional, reduciendo los tiempos muertos de utilización de los tanques.

Además del almacenamiento, en estos tanques habrá que tener en cuenta otros aspectos, tales como las pérdidas por evaporación que se pudieran dar en los tanques de productos volátiles y la calefacción de los que contienen productos viscosos, con objeto de mantenerlos en estado adecuado de fluidez.

Los tanques de almacenamiento que se van a disponer en la planta y cuyo diseño se va realizar más adelante son:

-T-01 a T-20: tanques de recepción de la materia prima.

Son tanques tipo silo que van a almacenar los tallos de girasol procedentes de los distintos puntos de recogida de forma provisional, de los cuales se tomarán muestras para realizar análisis necesarios para controlar su composición y nivel de humedad. Serían tanques verticales cilíndricos soportados por patas, que operan a presión atmosférica y con fondo cónico. Estarán contruidos en acero inoxidable SS-316.

-T21-T-22: tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico.

Este tanque se construirá en acero al carbono A-285C, según la normativa específica para tanques de almacenamiento de sustancias inflamables, dentro de un dique de obra o “cubeto” capaz de contener la totalidad de la capacidad del depósito, sin salida por desagües del fondo. Deberá cumplir todos los requisitos de seguridad contra incendios y explosión. Será un tanque cilíndrico vertical cerrado, con techo fijo y fondo plano.

-T-23 a T-35: tanques de almacenamiento de producto acabado: azúcares simples.

Se sitúa en la zona exterior de la planta, con características similares al tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico será un tanque atmosférico, cilíndrico vertical con techo fijo y fondo plano. Estará construido en acero al carbono A-285C y serán los tanques de mayor capacidad de la planta.

3.2. CLASIFICACIÓN DE TANQUES.

Una clasificación general de tanques para almacenamiento de líquidos es la que se basa en la configuración geométrica del propio depósito, dando lugar a las siguientes modalidades:

1. Tanques abiertos
2. Recipientes cerrados
 - a. Tanques cilíndricos verticales, fondo plano.

- b. Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezales formados
- c. Recipientes esféricos.

La decisión de utilizar un recipiente abierto o cerrado dependerá del fluido a ser manejado y de la operación. Algunas generalidades de estos recipientes son las siguientes:

1. Tanques abiertos

Son comúnmente utilizados como tanques igualadores o de oscilación, como tinas para dosificar operaciones donde los materiales pueden ser decantados. Se usan para llenado de líquidos a presión atmosférica que no se vean dañados por el agua, el clima o la contaminación atmosférica. De otro modo se necesitaría un tejado, ya sea fijo o flotante. Se fabrican en acero, hormigón, etc. Sin embargo en los procesos industriales se prefiere el de acero por su bajo coste inicial y fácil fabricación.

2. Recipientes cerrados

Se utilizan sobre todo para almacenar fluidos combustibles, sustancias peligrosas o tóxicas y gases finos.

2.a. Cilíndrico fondo plano.

El diseño para tanques cilíndricos verticales operando a presión atmosférica, es el tanque cilíndrico con un cabezal superior y un fondo plano descansando directamente en la cimentación compuesta de arena, grava o piedra triturada.

2.b. Cilíndrico horizontal o vertical con cabezales formados.

Son usados cuando la presión de vapor del líquido manejado puede determinar un diseño más resistente. Los horizontales se utilizan para almacenamiento de volúmenes de líquido relativamente pequeños en la industria y van asentados mediante cunas. Los verticales suelen almacenar cantidades mayores. Se han desarrollado varios códigos para gobernar el diseño de tales recipientes, tales como API y ASME. Existe una gran variedad de cabezales para cerrar los extremos de estos recipientes: semiesférica, elíptica, toriesférica, cónica y toricónica. Para propósitos especiales se utilizan tapas planas para cerrar un recipiente abierto.

2.c. Recipientes esféricos

Se utilizan para el almacenamiento de grandes volúmenes bajo presiones medias, aunque los rangos de capacidades y presiones utilizadas varían enormemente. Puesto que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos al ser sometidos a una presión interna, ésta sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión. Sin embargo la fabricación y, sobre todo, el montaje de estos es mucho más cara en comparación con los recipientes cilíndricos.

En general para una masa dada, el recipiente esférico es más económico para grandes volúmenes y bajas o medias presiones de operación. A presiones altas de operación de almacenamiento, el volumen de gas es reducido por lo tanto el recipiente cilíndrico será más adecuado.

Un tanque atmosférico es un recipiente diseñado para soportar una presión interna manométrica de hasta 15 kPa (0,15kg/cm²). Los tanques atmosféricos no se usarán para almacenar líquidos a su temperatura de ebullición o superior.

Los tanques de almacenamiento que trabajan a presión atmosférica o a muy baja presión (del orden de varios centenares de pascales) por tanto, pueden estar abiertos o cerrados. Por lo común, se obtiene el costo mínimo de una forma cilíndrica vertical y un fondo relativamente plano a nivel del terreno. A

continuación se indica una nueva clasificación en función del tipo de techo que existen en la industria para tanques atmosféricos de almacenamiento.

- 1) Techo abierto: Como se dijo anteriormente, éstos se pueden utilizar para materiales que no se vean dañados por las condiciones ambientales; de otro modo se necesitaría un tejado, ya sea fijo o flotante. Deben tener viga contra el viento, a fin de eliminar las distorsiones.
- 2) Techo flotante: El techo del depósito asciende o desciende conforme se va llenando o vaciando. Los tejados flotantes deben tener un sello entre el tejado y el cuerpo del tanque, deben tener drenajes para la eliminación de agua y viga contra el viento a fin de eliminar las distorsiones.
- 3) Techo fijo: Los techos fijos suelen ser escalonados o de cúpula. Los tanques grandes tienen techos escalonados con soportes intermedios. Con frecuencia se pueden encontrar los valores que se requiere en los códigos locales de construcción. Los tanques atmosféricos de techos fijos requieren ventilas para evitar los cambios de presión, que se producirían de otro modo debido a los cambios de temperatura y el retiro o la adición de líquidos. A veces, las ventilas son múltiples y conducen a un tanque de ventilación, o bien se puede extraer el vapor mediante un sistema de recuperación.

Los materiales más empleados para su construcción son la lámina de acero y el hormigón (tratamiento previo de impermeabilización para impedir fugas). Si el material a almacenar es corrosivo, se deberá revestir interiormente con materiales resistentes como el caucho, o se pintarán con alguna pintura de resistencia especial a la corrosión.

Para los tanques sometidos a presión interna, existen diferentes tipos de cabezales, y el tipo más adecuado en cada caso dependerá de las condiciones de operación y coste monetario. Los fondos tipos ASME se construyen a partir de chapa y la forma se le da mediante estampación, a excepción de los cónicos y planos.

3.3.DISEÑO MECÁNICO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Se va a realizar fundamentalmente, la determinación de espesores de los elementos que forman parte de un recipiente a partir de los siguientes datos:

- Forma del equipo
- Dimensiones
- Material utilizado
- Condiciones de Presión y Temperatura
- Cargas debidas al viento
- Peso específico del fluido
- Reglamentación, norma o código que debe cumplir el diseño.

En nuestro caso se utiliza el código ASME (sección VIII Div. 1 y 2), donde se incluyen los métodos de cálculo y los requisitos mínimos exigidos para los materiales y detalles constructivos. Este código permite el diseño con reglas que no requieren una evaluación detallada de todos los esfuerzos. Se reconoce que existen esfuerzos secundarios elevados flexionantes, pero al admitir un factor elevado de seguridad en las reglas de diseño, estos esfuerzos serán compensados.

Para los propósitos de análisis se supone que el estado de los esfuerzos es biaxial. Por tanto, el análisis del esfuerzo en la membrana permite las suposiciones de simplificación de que el esfuerzo es biaxial y que los esfuerzos son uniformes a lo largo de la pared del casco.

3.3.1. DIMENSIONES CARACTERÍSTICAS.

Los tanques objeto de diseño serán todos recipientes cilíndricos, que se definen por su altura “H” y su diámetro “D”. El volumen del recipiente podrá expresarse como:

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

se fijará una relación para “H/D”, la cual se recomienda que esté entre 1 y 2,5 para este tipo de depósitos, y también el volumen del tanque, “V”. A partir de estos dos valores se podrá despejar fácilmente el diámetro del recipiente “D” y a partir de éste, la altura “H”.

$$V = \pi \frac{D^2}{4} \alpha H \quad D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\alpha \pi}}$$

El área lateral de un cilindro de altura “H” y diámetro “D” se evalúa como:

$$A_L = \pi \cdot D \cdot H$$

A continuación se presenta una tabla con estas dimensiones características para cada uno de los tanques objeto de diseño de este capítulo.

Tabla 3.1. Dimensiones de los tanques de almacenamiento.

TANQUE	NUMERO	FLUIDO	VOLUMEN(m ³)	α	D(m)	H(m)	A _L
T-21,T-22	2	ÁCIDO SULF.	42	2	2,99	5,98	56,17
T-23 a T-34	12	PRODUCTO	81	2	3,72	7,44	86,95

Estas capacidades de almacenamiento, deben ser computadas de acuerdo a los propósitos de producción, y dependiendo de los ciclos de entrega y comercialización.

3.3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO BÁSICO DE RECIPIENTES.

-Temperatura de operación (T_{op}): es la mayor temperatura a la que trabaja el recipiente.

-Temperatura de diseño (T_D): 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:

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

-Presión de operación (P_{op}): presión a la que trabajará normalmente el recipiente en el proceso estudiado, que en todos los casos será la presión atmosférica (1,013 bar) no superando en ningún caso 1,5 bar.

-Presión de diseño (P_D): esta presión debe ser en todo caso mayor a la máxima de operación o servicio. Su valor se puede fijar como el mayor de :

$$P = 1,1 \times \text{Presión máxima de operación (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P = \text{Presión máxima de operación} + 2 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = 3,5 \text{ kg/cm}^2$$

Cuando se desconozca la máxima presión de operación, la presión de diseño vendrá dada por la siguiente tabla:

Tabla 3.2. Presiones en un recipiente en Kg/cm² (código ASME)

OPERACIÓN	DISEÑO
0-1,5	3,5 kg/cm ² Manométrico
1,6-13,5	2kg/cm ² + P.O. Normal
13,6-20	115% de P.O.
20,1-25	3 kg/cm ² + P.O.
≥25,1	112% de P.O.

-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:

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

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

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

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

-Sobreespesor de corrosión (C) : éste se elegirá conforme al tipo de material usado en la fabricación del depósito. El sobreespesor de corrosión será añadido a todas

las superficies de los elementos en contacto con el fluido de acuerdo con los siguientes criterios:

- A todos los elementos sometidos a presión.
- A todos los elementos soldados del interior del recipiente y a cada una de las superficies en contacto con el fluido contenido en el recipiente.
- A los elementos internos atornillados se añadirá la mitad del sobreespesor para la corrosión especificado.

Para el acero inoxidable tomaremos un valor para “c” de 1,5 mm

-Efecto del viento sobre los recipientes.

La reglamentación exige que las estructuras estén diseñadas con unos coeficientes de seguridad con respecto al viento. Se considera 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 se representa por:

$$Q = \frac{D_0}{10^3} P_w$$

siendo:

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 es función de la presión básica del viento (p, kg/cm²), de la forma del recipiente, de la esbeltez y de los accesorios externos del recipiente, pudiendo concretarse todo ello en la fórmula:

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

Siendo:

C = factor de forma

K = coeficiente de esbeltez

R = coeficiente de accesorios.

A su vez, la presión básica del viento es función de la velocidad del viento y de la elevación sobre el suelo y se expresa:

$$P = P_0 \cdot K_a$$

Siendo:

P_0 = presión básica del viento a nivel del suelo, kg/cm^2

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.

$$P_0 = \frac{V(\text{Km/h})}{201,4}$$

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

En cuanto al factor de forma “c”, será función de la forma expuesta al viento (carcasa), y su valor será para todos los casos el correspondiente a carcasa cilíndrica de superficie lisa, 0,6.

El coeficiente de esbeltez “K” es función de la relación entre la altura H y el diámetro exterior D_0 del recipiente. Su valor será de 1, al ser la relación H/ D_0 entre 1 y 5 en todos los casos.

Por último, para tener en cuenta el efecto de suma de área que producen las tuberías soportadas, las plataformas, escaleras y, en general, cualquier accesorio exterior a los recipientes, se introduce el coeficiente “r” cuyo valor es de

1,15 al ser los valores de diámetro exterior de los tanques mayor a 1 metro en todos los casos.

A continuación se presenta el valor de las cargas unitarias para los depósitos de planta que se ven afectados por el efecto del viento:

Tabla 3.3. Cargas unitarias para tanques de almacenamiento.

TANQUE	$P_0=P(\text{kg/cm}^2)$	$P_w(\text{kg/h})$	$D_0(\text{m})$	$Q(\text{kg/m})$
T-21,T-22	0,60	0,414	2,99	1,24
T-23 a T-34	0,60	0,414	3,72	1,54

-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:

$$S = \min [\sigma_R/4 ; 5\sigma_Y/8]$$

Siendo,

σ_R = carga de rotura del material a la temperatura ambiente (kg/cm^2)

σ_Y = límite elástico del material o carga que produce una deformación permanente del 0,2% a la temperatura de diseño (kg/cm^2)

-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.

-Selección de materiales: los tanques de almacenamiento se hacen de casi todos los materiales estructurales. Los que más se emplean son acero al carbono y de baja aleación, siempre que las condiciones de servicio lo permitan por los bajos costes y la gran utilidad de estos materiales.

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

Finalmente, los materiales básicos seleccionados para la construcción de los diferentes depósitos así como sus principales accesorios y elementos que posean, serán de acero inoxidable SS-316.

3.3.3. CÁLCULO DE ESPESORES.

A) Espesor mínimo de las envolventes en la línea de tangencia.

Conocidos los datos de P_d , D_{int} , E , C y S , podremos calcular el espesor mínimo de la envolvente para cada uno de los depósitos usando las siguientes ecuaciones:

- Según especificación

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

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

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

- Para esfuerzo circunferencial: (Sección UG-27c(1))

$$t_{\delta\phi} = \frac{P \cdot R}{SE - 0,6P} + C \quad t < \frac{1}{2} R \quad \text{ó} \quad P < 0,385 SE$$

- Para esfuerzo longitudinal: (Sección UG-27c(2))

$$t_{\delta x} = \frac{P \cdot R}{2SE - 0,4P} + C \quad t < \frac{1}{2} R \quad \text{ó} \quad P < 1,25SE$$

Las virolas del casco o envolvente de los depósitos poseerán costuras del tipo 1, es decir, juntas a topes hechas por doble cordón de soldadura. El nivel radiográfico será tipo b, es decir, examinada por zonas. El valor de la eficiencia de la junta "E" además del esfuerzo admisible "S" en cada caso (tanto para el caso de casco como de cabezal formado), se obtienen a partir de la siguiente tabla (Norma ASME UW-11).

Tabla 3.4 Eficiencia de soldadura y tensión máxima admisible para diferentes tipos de juntas.

	Juntas tipo 1		Juntas tipo 2		Sin costura	
	E	S	E	S	E	S
Nivel radiográfico						
a. Completo	1	100%	0,9	100%	1	100%
b. Por zonas	0,85	100%	0,8	100%	1	85%
c. Ninguno	0,7	100%	0,65	100%	1	80%

A continuación se presenta una tabla con los resultados de los espesores obtenidos para las envolventes de los diferentes tanques:

Tabla 3.5 Espesores de chapa para envolventes de acero.

Nº	P _d	T _d	D _{int}	S	t _{δφ}	t _{δx}	t _{especific}	t _{min}	t _{final}
	(kg/cm ²)	(°C)	(m)	(kg/cm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
T-21,T-22	3,5	25	2,99	1082,5	7,20	4,34	7,03	7,20	10
T-23 a T-34	3,5	140	3,72	1082,5	8,59	5,04	7,76	8,59	10

Se selecciona finalmente un espesor comercial normalizado que sea el inmediatamente superior al obtenido en cada caso.

B) Espesor mínimo de fondos y cabezales.

Para aquellos depósitos que poseen fondo plano, éste consistirá en una chapa plana soldada directamente a la carcasa.

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.

Korbbogen Boden: radio mayor: $L = 0,8 D_0$

radio menor: $r = D_0/6,5$

Klopper Boden: radio mayor: $L = D_0$

radio menor: $r = D_0/10$

Se construyen por estampación. Los Korbogen tienen el mismo campo de utilización que los elípticos, mientras que solamente en casos de baja presión se usan los Klopper, ya que éstos requieren mayores espesores. Se pueden fabricar en diámetros desde 0,3 hasta 6 m.

- Expresión para el cálculo del espesor de un fondo toriésferico:

$$t_f = \frac{PLM}{2SE - 0,2P} + C \quad M = \frac{3 + \sqrt{\frac{L}{r}}}{4}$$

El fondo semielíptico se emplea cuando el espesor calculado de una tapa toriésferica es relativamente alto, ya que las tapas semielípticas soportan mayores presiones que las toriésfericas. El proceso de fabricación es igualmente por estampación. Su silueta describe una elipse de relación 2:1, su coste es relativamente alto y resulta fundamental conocer los diámetros nominales disponibles en cada país.

- Expresión para el cálculo del espesor de un fondo semielíptico:

$$t_f = \frac{PD_{int}}{2SE - 0,2P} + C$$

Para los distintos depósitos, los cabezales tendrían los siguientes espesores:

Tabla 3.6 Espesores de chapa para cabezales de acero.:

DEP	Fondo Korbogen					Fondo semielíptico	
	D _{ext}	L	r	M	t _f	D _{int}	t _f
	(m)	(m)	(m)		(mm)	(m)	(mm)
T-21, T-22	3,01	2,41	0,46	1,32	7,55	2,99	7,19
T-23 a T-34	3,74	2,99	0,58	1,32	9,00	3,72	8,57

Los espesores comerciales disponibles van a coincidir para ambos tipos de cabezales. Se observa que se obtienen espesores ligeramente menores con los fondos elípticos. Sin embargo, con el fin de realizar un diseño más homogéneo, se seleccionan fondos semielípticos en todos los casos, ya que los espesores de chapa serán menores en varios de estos cabezales y, al igual que los toriesféricos, presentan una gran aceptación en el ámbito industrial.

Tabla 3.7 Tipo de cabezales para tanques de almacenamiento.

	T-21,T,22	T-23 a T-34
Tipo cabezal	Semielíptico	Semielíptico
Ubicación	Techo	Techo
t_f (mm)	10	10

Entre el fondo y la carcasa existirá una zona de transición llamada línea de tangencia, que se encuentra sometida a tensiones axiales que se traducen en fuertes tensiones locales. Por tanto, no se realizará la soldadura de la unión a lo largo de esta línea, sino que los fondos se construirán con una parte cilíndrica que se llama “pestaña” o “faldilla”, sobre la cual se establecerá la línea de soldadura, con una altura mínima h , que en general no debe ser menor que el mayor de los siguientes valores:

$$h \geq 0,3\sqrt{D_0 \cdot t_f}$$

$$h \geq 3 \cdot t_f$$

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

Con un valor máximo de $h = 100$ mm y siendo D_0 = diámetro exterior de la carcasa, mm y t_f = espesor de la pared del fondo, mm.

El valor de la pestaña para aquellos tanques con cabezales formados en el fondo superior, en el inferior, o en ambos, se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 3.8 Longitudes de pestaña

Depósito	D_0 (m)	t_f (mm)	h (mm)
T-21,T-22	3,01	10	52,05
T-23 a T-34	3,74	10	58,02

C) Dimensiones de tapas planas.

Los tanques estarán cerrados superiormente mediante una tapa plana. Este es el fondo con menor coste relativo.

El espesor de la tapa será igual al espesor de la envolvente, ya que el depósito trabaja a presión atmosférica y el techo no ha de soportar ninguna carga pronunciada.

La tapa tendrá igual diámetro que el saliente, al que irá atornillada. Este saliente en forma de corona estará soldado alrededor de todo el borde del recipiente.

La tapa contará con 16 orificios igualmente espaciados alrededor del diámetro de ésta, para el caso de ambos tanques, los cuales tendrán un diámetro de $\frac{1}{2}$ ” para los tornillos de rosca M12.

La anchura del saliente vendrá dada por las características de los tornillos que se empleen. Como la función de los tornillos es simplemente de unión, es decir, no tendrá que soportar ningún tipo de tensión (ni a cortadura ni a compresión, se seleccionarán unos tornillos normalizados de acuerdo al resto del recipiente).

La separación de tornillos con el borde del saliente (t_2) debe ser tal que $t_2 > 1,5 \cdot a$, siendo “a” el diámetro del agujero para el tornillo [Resistencia de materiales, Tomo II. S. Timoshenko. Ed. Espasa-Calpe S.A. 1961].

Por tanto, el ancho de los salientes que irán soldados alrededor del borde de cada recipiente son:

Tabla 3.11 Ancho de salientes para tapas planas.

Tornillo	a(mm)	t ₂ (mm)	L _{saliente} (mm)
M12	14	21	42

D) Dimensiones nominales de los recipientes.

Para el fondo semielíptico, se puede obtener el volumen de la parte bombeada a partir de:

$$V_b \approx 0,13D_{int}^3$$

El volumen de la pared cilíndrica será entonces igual a :

$$V_c = V_T - V_b$$

A partir de V_c se recalcula la altura de la parte cilíndrica para cada tanque:

$$V_c = \pi \frac{D^2}{4} H_c \quad H_c = \frac{4V_c}{\pi D^2}$$

El diámetro interno sin embargo se mantiene con el mismo valor.

Tabla 3.12.

	T-21,T-22	T-23 a T-34
V _{total} (m ³)	42	81
V _{trab} (m ³)	35	67,5
V _b (m ³)	3,48	6,69
V _c (m ³)	38,52	74,31
D _{int} (m)	2,99	3,72
D ₀ (m)	3,01	3,74
H _c (m)	5,41	6,76

H _{fondo} (m)	0,64	0,78
H _{total} (m)	6,05	7,54
t _{carcasa} (mm)	10	10
t _{fondo} (mm)	10	10

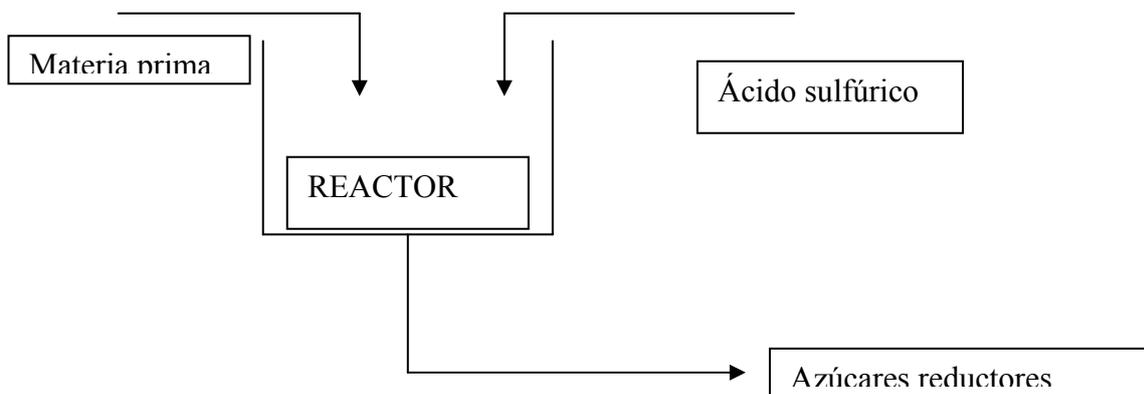
$$*H_f = 0,2D_0 + 3,5t_f$$

En esta tabla resumen se encuentran las dimensiones características de los tanques de almacenamiento de la planta piloto.

4. REACTOR DISCONTINUO.

4.1. INTRODUCCIÓN.

El esquema del reactor donde se va a llevar a cabo la hidrólisis ácida será:



La ecuación cinética está referida a la obtención de azúcares reductores a partir de celulosa por lo que el balance de materia está referido a este componente que a su vez es el componente mayoritario en los tallos de girasol.

4.2. ELEMENTOS Y ACCESORIOS DEL REACTOR

El reactor tendrá todos sus elementos construidos en acero inoxidable, con plancha de 3 mm de espesor, con casquete semielíptico 2:1 en fondo y tapa superior de las mismas características

Constará principalmente de los siguientes elementos:

- Entrada superior para banda transportadora de alimentación de tallos de girasol con válvula tipo esfera movido por actuador neumático.

- Entrada lateral para tubería de acero inoxidable para adición de ácido sulfúrico al 6%, con válvula tipo esfera movida por actuador neumático.
- Boca de descarga de productos a través de tubería de acero inoxidable, con válvula tipo esfera accionada por actuador neumático y bomba de descarga de acero inoxidable, con equipo de regulación del caudal automático.
- Sistema de descarga desde el fondo del reactor de los productos sólidos con válvula tipo esfera accionada por actuador neumático.
- Unidad de venteo con una tubería de descompresión hasta el exterior de la nave.
- Rejilla en el interior del reactor para evitar que la materia prima flote y se mezcle correctamente con el ácido sulfúrico.
- Serpentin interno de acero inoxidable para vapor de calefacción, con dos tramos rectos y espiral plana.
- Sensor de nivel.
- Actuador neumático para apertura y cierre del sistema de calefacción.
- Encamisado de seguridad para la refrigeración de emergencia del reactor.
- Boca de hombre superior, de cierre hermético, para posible acceso a su interior, de 20" de diámetro.
- Electrodo de pH metro.
- Sonda pT 100 para termómetro y termostato digitales.

- Plataforma y escaleras de acceso tipo trames, y barandilla circundante al reactor.

Estará apoyado sobre 4 perfiles verticales IPN con 4 células de carga con las cuales se verifica el peso de la masa adicionada al reactor.

4.3.REACCIONES

La reacción principal que tienen lugar es la hidrólisis de la celulosa a azúcares simples. Además de esta reacción se producirán otras que consideraremos despreciables.

Las reacciones son las siguientes:

Reacción principal:



La expresión de concentración de azúcares es:

$$M = M_0 e^{-k_2 t} + P_0 \frac{k_1}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t})$$

Las constantes cinéticas tienen la siguiente expresión.

$$K_1 (\text{h}^{-1}) = (964,39 + 7,69 C^{2,08}) \cdot 10^{10} e^{\frac{101,31}{RT}}$$

$$K_2 (\text{h}^{-1}) = (604,42 + 4,84 C^{2,30}) \cdot 10^7 e^{\frac{-72,84}{RT}}$$

[L. Jiménez y J.L. Bonilla, 1993]

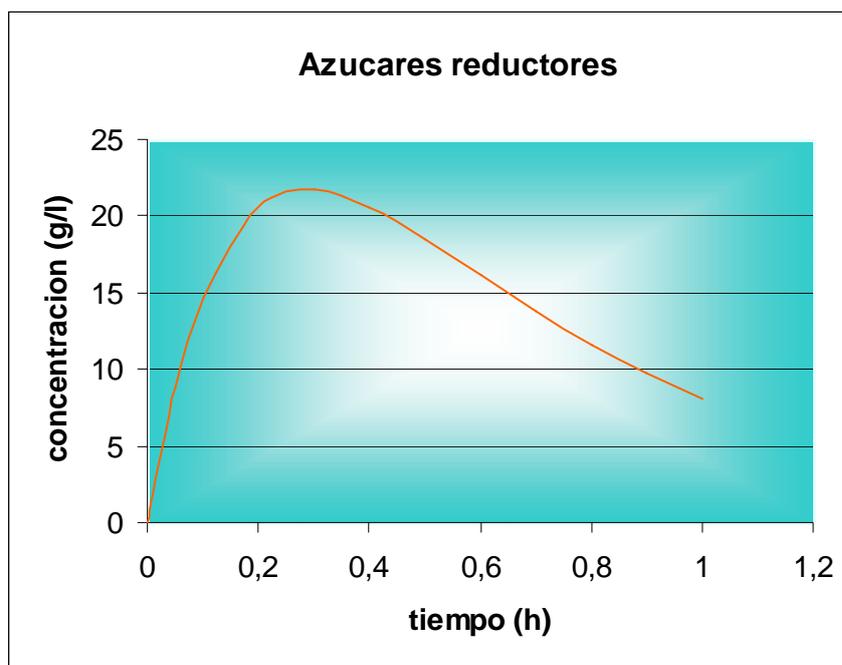
4.3.1. CORRIENTES DE ENTRADA.

Hay dos corrientes de entrada al reactor.:

- La primera, es la línea que introduce el material lignocelulósico previamente cortado.
- La segunda línea es el ácido sulfúrico al 6%.

Según un estudio realizado las condiciones óptimas son de 6% ácido sulfúrico y una temperatura de 140°C. A estas condiciones obtenemos una cantidad de azúcares reductores en torno 20 g/L, para un tiempo de 20 min. aproximadamente. Los valores óptimos se pueden observar en la siguiente gráfica.

Grafica.4.1. Cinética de la reacción.



La relación entre la materia prima y el ácido sulfúrico diluido es (1g/8g). Esta relación se ha deducido del estudio de la hidrólisis de otros materiales lignocelulósicos como la caña de azúcar. [R. Aguilar, J. A. Ramírez, G. Garrote, M. Vázquez,2002]

4.3.2. CORRIENTES DE SALIDA.

Al tratarse de un reactor discontinuo, la corriente de salida será todo lo que se encuentre en el reactor: azúcares simples + ácido sulfúrico + productos secundarios.

4.4. CÁLCULO DEL VOLUMEN Y DE LAS DIMENSIONES CARACTERÍSTICAS DEL REACTOR.

El tamaño del reactor vendrá impuesto por la tasa de producción proyectada para la planta, así como el tiempo que conlleva la conversión celulosa a azúcares simples.

De esta forma, si se desea tratar un mínimo de 40.000 kg de materia prima en un día completo de operación, es decir, obtener una tasa de producción de 10.000 kg/día, se deberá operar con lotes cuyo volumen se ajuste a las cantidades necesarias de reactivos y a los tiempos exigidos por la reacción de hidrólisis.

Para obtener el tiempo necesario para la transformación de los reactivos en el interior del reactor o tiempo de residencia, es necesario conocer la ecuación cinética de la reacción, y utilizar la ecuación de diseño del reactor. Puesto que estas cinéticas suelen ser muy complejas, se ha recurrido a los estudios experimentales, de donde se ha podido deducir las condiciones óptimas para este proceso. (t = 20 min., T = 140°C, 6% ácido sulfúrico)

El volumen de reactor necesario se calculará conociendo el tiempo preciso para llevar a cabo un ciclo completo de operación. La optimización de dicho tiempo se ha llevado a cabo en el capítulo 8 del documento “Memoria descriptiva”, cuya duración viene condicionada principalmente por la etapa de reacción.

En cada ciclo se tratan 10.000 kg de materia prima y se realizan 4 a lo largo del día con una tasa de producción especificada, de unos 2.500 kg de azúcares. Estos ciclos se irán sucediendo de forma continuada gracias a la

automatización de la planta, puesto que ésta va a operar las 24 horas del día. No obstante, al ser una producción por lotes, el régimen de operación puede ser alterado con el condicionante de que la planta tiene que tratar al día 40.000 Kg de materia prima.

El volumen ocupado por estas masas se calcula a partir de sus respectivas densidades a la temperatura de operación:

Tabla 4.1. Densidades de las materias primas.

	densidad(kg/m ³)
tallos de girasol	430
acido sulfurico	1.830
agua	998

Para el diseño del tanque se ha seguido el código de recipientes a presión ASME Pressure Vesel Code (Sec. VIII División 1).

El volumen para el que se va a diseñar el tanque será de 15,6 m³. Aunque en realidad el volumen del líquido es de 13 m³, puesto que se va a suponer que el reactor no va a trabajar a su capacidad máxima como es habitual. Los cálculos se referirán a un reactor, teniendo en cuenta que habrá un total de 8 reactores iguales.

$$13 \text{ m}^3 \cdot 1,2 = 15,6 \text{ m}^3$$

Generalmente se va a conseguir un menor costo del tanque cuando éste presente una forma cilíndrica vertical y unos fondos relativamente planos (Manual del Ingeniero Químico). Para calcular la relación altura diámetro se usa la condición de que se van a obtener condiciones óptimas de funcionamiento cuando el nivel de líquido coincida con el diámetro del tanque.

$$V_{\text{liquido}} = 13 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{tanque}} = 15,6 \text{ m}^3$$

Por lo tanto sustituyendo el diámetro del tanque en la expresión del volumen del líquido, se obtiene el diámetro óptimo del reactor.

$$V_{\text{tanque}} = \frac{\pi D^2_{\text{tanque}}}{4} H_{\text{tanque}}$$

$$V_{\text{liquido}} = \frac{\pi D^2_{\text{liquido}}}{4} H_{\text{liquido}}$$

$$V_{\text{liquido}} = \frac{\pi D^3_{\text{tanque}}}{4}$$

$$D_{\text{tanque}} = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{liquido}} \cdot 4}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{13 \cdot 4}{\pi}} = 2,55 \text{ m}$$

Una vez calculado el diámetro del tanque, se calcula la altura de este simplemente sustituyendo en la expresión del volumen del tanque.

$$H_{\text{tanque}} = \frac{V_{\text{tanque}} \cdot 4}{\pi \cdot D^2_{\text{tanque}}} = \frac{15,6 \cdot 4}{\pi \cdot 2,55^2} = 3,05 \text{ m}$$

El reactor va a contar con un volumen adicional al generado por la carcasa cilíndrica, ya que poseerá cabezales semielípticos de fondo y de tapa, que van a presentar similares características constructivas que el casco cilíndrico, por lo que la altura del dicho casco debe ser recalculada.

Para el fondo semielíptico, se puede obtener el volumen de la parte bombeada a partir de:

$$V_b \approx 0,13 \cdot D_{\text{int}}^3$$

$$V_b = 0,13 \cdot 2,55^3 = 2,15 \text{ m}^3$$

El volumen de la parte cilíndrica será entonces igual a:

$$V_c = V_T - 2 \cdot V_b$$

$$V_c = 15,6 - 2 \cdot 2,15 = 11,3 \text{ m}^3$$

A partir de V_c se recalcula la altura de la carcasa cilíndrica H_c :

$$V_c = \pi \frac{D^2}{4} H_c ; \quad H_c = \frac{4V_c}{\pi D^2}$$

$$H_c = \frac{4 \cdot 11,3}{\pi \cdot 2,55^2} = 2,21 \text{ m}$$

Tabla 4.2 Dimensiones características del reactor.

D_i	H_c	H_F	V_b	V_c	V_T	H_T
(m)	(m)	(m)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	m
2,55	2,21	0,5	2,15	11,3	15,6	3,05

4.5. SELECCIÓN DEL MATERIAL EMPLEADO.

El material a emplear lo seleccionamos en base a los fluidos que van a circular por el interior del reactor. Como producto principal de la reacción, obtenemos azúcares simples. El ácido sulfúrico es la sustancia que limita el uso del material, ya que es una sustancia altamente corrosiva aunque se encuentre diluido. Por lo tanto el material seleccionado es un acero inoxidable 316 L, que es el que tiene mejores propiedades bajo condiciones severas de corrosión. [Resistencia de materiales, Tomo II, S. Timoshenko].

Este material tiene una composición de 16%Cr-12%Ni-2%Mo. El acero inoxidable 316-L tiene las siguientes características a la temperatura de diseño.

Tabla 4.3 Características mecánicas del acero inoxidable.

	Valor	Unidades
Resistencia a la tracción	1082,5	kg/cm ²
Límite elástico	1581,75	kg/cm ²
Módulo de elasticidad	$2,1 \cdot 10^6$	kg/cm ²

4.6. VARIABLES DE DISEÑO.

Temperatura de Diseño

La temperatura de diseño es la especificada por el código ASME. Sección VIII (división 1). Según la norma, la temperatura de diseño será de 155°C, ya que es la temperatura máxima de operación incrementada en 15°C.

Presión de Diseño

La presión de diseño según la norma será el mayor de los siguientes valores:

- a) 110% de la presión máxima de operación
- b) Máxima presión de operación incrementada en 2 kg/cm²
- c) 3,5 kg/cm²

En este caso el mayor de estos tres valores es el de 5,7 Kg/cm² ya que la presión a la que va a trabajar el reactor, es decir la presión de operación será de 3,7 Kg/cm².

Sobreespesor por corrosión

El valor a tomar para la corrosión dependerá del material seleccionado y vendrá dado por el código ASME. En el caso de aceros inoxidable se toma un valor de 1,5mm. Este valor será añadido a todas las superficies de los elementos en contacto con el fluido.

Selección de fondos

Normalmente los fondos empleados son fondos KLOPPER, excepto en el caso de que haya algunas condiciones especiales como puede ser el caso del fondo

superior, que tiene que soportar una carga concentrada. En este último caso el fondo que se usará es un fondo KORBBOGEN.

4.7. CÁLCULO DE ESPESORES.

A) Espesor mínimo de la carcasa en la línea de tangencia.

Se aplica de nuevo la norma americana ASME, sec. VIII, div.1 y 2. Se procede de igual forma que para el cálculo de espesores de tanques de almacenamiento de la presente memoria

Las ecuaciones aplicables para la obtención del espesor mínimo de la carcasa cilíndrica son las siguientes:

Para esfuerzo circunferencial: (sección UG-27c(1))

$$t_{\delta_{\phi}} = \frac{PR}{SE - 0,6P} + c, \quad t < \frac{1}{2}R \quad \text{ó} \quad P < 0,385SE$$

Para esfuerzo longitudinal: (sección UG-27c(2))

$$t_{\delta_x} = \frac{PR}{2SE + 0,4P} + c, \quad t < \frac{1}{2}R \quad \text{ó} \quad P < 1,25SE$$

Se trata de una carcasa fabricada de una sola pieza, sin juntas longitudinales ni circunferenciales.

Los valores para los diferentes parámetros de diseño son:

P (Presión de diseño mínima) = 5,7 kg/cm²

D (Diámetro interno) = 2.550 mm

S (esfuerzo máximo admisible) = 1082,5 Kg/cm²

E (eficiencia de la soldadura)= 1

c (sobreespesor por corrosión) = 1,5 mm

Para esfuerzo circunferencial:

$$t_{\delta_{\phi}} = \frac{PR}{SE - 0,6P} + c = \frac{5,7 \cdot 1275}{1082,5 \cdot 1 - 0,6 \cdot 5,7} + 1,5 = 8,24 \text{ mm}$$

Para esfuerzo longitudinal:

$$t_{\delta_s} = \frac{PR}{2SE + 0,4P} + c = \frac{5,7 \cdot 1275}{2 \cdot 1082,5 \cdot 1 + 0,4 \cdot 5,7} = 4,85 \text{ mm}$$

El primer espesor de chapa comercial inmediatamente superior al obtenido como valor mínimo (8,24 mm) es $t = 10$ mm, que es el mínimo exigido por especificación para este tipo de aceros.

B) Espesor mínimo de fondos y cabezales.

El fondo y la tapa de cabezales semielípticos, irán soldados a tope al cuerpo cilíndrico mediante un doble cordón de soldadura, y tendrá idénticas características constructivas que la envolvente.

La expresión para el cálculo del espesor de un fondo semielíptico es:

$$t_f = \frac{PD_{\text{int}}}{2SE - 0,2P} + c$$
$$t_f = \frac{5,7 \cdot 2.550}{2 \cdot 1082,5 \cdot 1 - 0,2 \cdot 5,7} + 1,5 = 8,22 \text{ mm}$$

Se toma un valor de espesor para fondo de $t = 10$ mm, que es el mínimo comercial.

Los cabezales se fabricarán con una parte cilíndrica llamada “pestaña” o “faldilla”, sobre la cual se establecerá la línea de soldadura, con altura mínima h , que en general no debe ser menor que el mayor de los siguientes valores:

$$h \geq 0,3 \sqrt{D_o \cdot t_f}$$
$$h \geq 3 \cdot t_f$$
$$h \geq 25 \text{ mm}$$

siendo,

D_o = diámetro exterior de la carcasa, mm

t_f = espesor de la pared del fondo, mm.

La longitud de la pestaña en este caso es de $h = 30$ mm.

C) Patas de apoyo

El reactor posee un diámetro mayor a 0,75 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 taladros de 26mm.

Tabla 4.4. Dimensiones apoyos.

	Nº pernos de anclaje	Tamaño pernos	Tamaño perfil IPN	Dimensiones placa anclaje
Reactores R-01a R-08	8	1 ¼"	160 mm	200 x 200 x 3 mm

4.8. BALANCE DE ENERGÍA.

La resolución del balance de energía es necesaria para conocer la cantidad de calor que hay que aportar o retirar a lo largo de la reacción para mantener constante dicha temperatura. La temperatura de entrada de los tallos y el ácido sulfúrico al reactor es de 25°C, y tenemos que aumentar la temperatura hasta 140°C y mantenerla en todo momento durante la reacción. A continuación se calcula el aporte de energía necesario por parte del serpentín de calefacción por el

que circula vapor a baja presión para mantener el régimen isotérmico en el interior del reactor.

La ecuación general del balance de energía para un reactor de mezcla perfecta que opera en discontinuo tiene la forma.

$$(-\Delta H_r)(-r_T)_s \cdot V + UA_{TC}(T_{mf} - T) = \sum m_i c_i \frac{dT}{dt} = m_T C_p \frac{dT}{dt}$$

Y para el caso concreto de un reactor que opera en condiciones isotérmicas, donde la temperatura de reacción se mantiene constante a lo largo del tiempo y todo el calor de reacción tiene que ser transmitido a través de la pared de intercambio, la expresión de balance queda:

$$(-\Delta H_r)(-r_A) \cdot V = UA_{TC}(T_0 - T_{mf})$$

donde:

U: coeficiente global de transmisión de calor, W/m²K

A_{TC}: área de transferencia m²

T₀: temperatura de reacción, K

T_{mf}: temperatura del fluido refrigerante, K

ΔH_r: entalpía de reacción, kJ/mol.

Combinando esta expresión con la del balance de materia se llega a la expresión:

$$(-\Delta H_r)N_{T0} \frac{dX_T}{dt} = UA_{TC}(T_0 - T_{mf})$$

De donde puede deducirse la secuencia temporal que debe seguir la temperatura del fluido de refrigeración T_{mf}, para mantener la operación isoterma:

$$T_{mf} = T_0 - \frac{(-\Delta H_r)N_{T0}}{UA_{TC}} \frac{dX_T}{dt}$$

Al realizar el balance en condiciones isotérmicas, obtendremos el calor necesario a aportar para igualar el calor absorbido en el interior del reactor, que se calculará como:

$$Q_T = \int_0^t Q(t)dt = \int_0^t (-\Delta H_r)N_{T0}X_T dt = (-\Delta H_r)N_{T0}X_T$$

A continuación se procede al cálculo de las entalpías de reacción desarrollada en el reactor.

Debido a la falta de datos entálpicos directos en la bibliografía para la reacción implicada, se procede a la estimación de las entalpías de reacción en las condiciones de operación, a partir de las entalpías de formación.

COMPONENTE	ESTADO DE REF.	ENTRADA		SALIDA	
		N _E (kg)	ΔH _{ENT} (kJ/kg)	N _S (kg)	ΔH _{SAL} (kJ/kg)
CELULOSA	solido (25°C) 1 atm	450	153,97	-	-
ACIDO SULFURICO	liquido(25°C) 1 atm	10.000	479,62	-	-
GLUCOSA	liquido(25°C) 1 atm	-	-	312,5	166,64

- Celulosa

$$\Delta H_{E1} = \int_{25}^{140} C_p(T)dT = 0,32 \frac{cal}{g^{\circ}C} (140^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 36,8 \frac{cal}{g} = 153,97 \frac{kJ}{kg}$$

- Ácido sulfúrico.

$$\Delta H_{E2} = \int_{25}^{140} C_p(T)dT = 0,9968 \frac{cal}{g^{\circ}C} (140^{\circ}C - 25^{\circ}C) = 114,63 \frac{cal}{g} = 479,62 \frac{kJ}{kg}$$

- Glucosa

$$\Delta H_{S1} = \int_{298}^{413} Cp(T)dT = 1.449 \frac{J}{kg \cdot K} (413K - 298K) = 166,64 \frac{kJ}{kg}$$

La expresión para el cálculo de la entalpía de reacción estándar es:

$$\Delta H_r^\circ = \sum_{prod} \nu_i(\Delta H_{F^\circ})_i - \sum_{react} \nu_i(\Delta H_{F^\circ})_i$$

La reacción principal es: Celulosa \rightarrow Glucosa

$$\Delta H_r^\circ(\text{celulosa}) = -180 \text{ kJ/mol.}$$

$$\Delta H_r^\circ(\text{glucosa}) = -1261 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_r^\circ = (-7005,6) - (1,44 \cdot (-0,36)) = -7.005,1 \text{ KJ/Kg}$$

La reacción es por tanto exotérmica. Conociendo ΔH_r° se calculan los correspondientes ciclos termodinámicos con sus respectivos cambios entálpicos para conocer el aporte/retirada de calor del reactor.

El balance total se escribe por tanto:

$$Q_T = \sum_{sal} N_S \Delta H_S - \sum_{ent} N_E \Delta H_E + \Delta H_r^\circ N_{T0} X_T = N_{glu} \Delta H_{glu} - (N_{sulf} \Delta H_{sulf} + N_{cel} \Delta H_{cel}) + \Delta H_r^\circ N_{T0} X_T$$

$$Q_T = 3.461.045 \text{ kJ}$$

Por tanto, es necesario aportar aproximadamente 3.461.045 kJ en un período de 60 minutos, tiempo total de reacción más el calentamiento, es decir, el flujo de calor debe ser de **3,5•10⁶ kJ / h.**

Las pérdidas de calor por las paredes del reactor se van a considerar despreciables, puesto que está rodeado de una camisa de refrigeración, que en estado normal de operación se encontrará llena de aire, el cual lo aísla del exterior.

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN DEL REACTOR.

5.1. DISEÑO DEL SERPENTÍN PARA CALEFACCIÓN DEL REACTOR.

5.1.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA.

Para el aporte de calor al reactor se diseña un serpentín de tipo espiral sumergido que se ubicará en la zona existente en el fondo del reactor. °

La materia prima y ácido sulfúrico entran en el reactor a una temperatura ambiente de 25°C, por lo que el vapor de calefacción servirá para elevar esta temperatura hasta los 140°C y mantener esta temperatura durante el tiempo que transcurra la reacción.

El área del serpentín necesaria para esta aplicación vendrá en función de la carga de calor mayor que sea necesaria aportar a la mezcla líquida durante su estancia en el interior del reactor.

El balance energético al reactor para el mantenimiento del régimen isotérmico, calculado en el capítulo anterior nos da un valor de, $Q = 3461045$ KJ/h.

Las pérdidas de calor por las paredes del reactor se van a considerar despreciables, puesto que esta rodeado de una camisa de refrigeración, que en estado normal de operación estaría llena de aire, el cual lo aísla del exterior.

El cálculo del área de intercambio necesaria para el serpentín se hará en base al valor del Q obtenido y se utiliza la siguiente expresión:

$$\dot{Q} = U_s \cdot A_C \cdot \Delta T_{ML}$$

siendo,

A_C : área de transferencia del serpentín, m²

U_s : coeficiente global de transferencia de calor, W / m² K

ΔT_{ML} : incremento de temperatura medio logarítmico.

$$\Delta T_{ML} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{Ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = \frac{(T_{C,E} - T_{F,S}) - (T_{C,S} - T_{F,E})}{Ln \frac{(T_{C,E} - T_{F,S})}{(T_{C,S} - T_{F,E})}}$$

Temperatura al inicio del proceso de la materia prima, $T_1 = 298$ K

Temperatura que se debe alcanzar en el reactor, $T_R = 413$ K

Temperatura del fluido de calefacción a la entrada, $T_{C,E} = 461$ K

Temperatura del fluido de calefacción a la salida, $T_{C,S} = 461$ K

Temperatura del aire ambiente $T_A = 296$ K

5.1.2. CÁLCULO DEL ÁREA DEL SERPENTÍN.

A partir de los cálculos realizados y aplicando la ecuación de Fourier, se obtiene el área de intercambio necesaria,

$$\dot{Q} = 961.401,4 \text{ J / s}$$

$$U_s = 800-2500 \text{ J / m}^2 \text{ s K}$$

$$\Delta T_{ML} = 94,2 \text{ K}$$

$$A_c = \frac{\dot{Q}}{U_s \cdot \Delta T} = \frac{961.401,4}{2000 \cdot 94,2} = 5,10 \text{ m}^2$$

Se va a considerar un diámetro para la conducción, y a partir de él, se obtendrá la longitud necesaria. Hay que señalar que ésta longitud será sólo la parte sumergida en el líquido dentro del reactor. El resto del serpentín no sumergido no será, por tanto, área de intercambio de calor.

El diámetro escogido es de 2 1/2" DN, que suele ser uno de los más comunes y a la vez económico en este tipo de aplicación. La longitud de tubo necesaria se obtiene a partir de,

$$A_c = 2\pi rL ; L = \frac{A_c}{2\pi r} = \frac{5,10}{2\pi \cdot 0,0732} = 11,089 \text{ m}$$

Por tanto, las dimensiones características del serpentín serán:

$$DN = 2 \frac{1}{2} \text{''} ; DE = 2,88 \text{''} ; e = 0,083 \text{''}$$

$$L = 11,1 \text{ m} ; A_c = 5,10 \text{ m}^2$$

Teniendo en cuenta el espacio limitado del que se dispone dentro del reactor, la geometría del serpentín se ha diseñado para que en ningún momento se pueda producir algún choque de éste con los elementos interiores.

El flujo másico de vapor necesario se puede calcular a partir de los datos de entalpía de vaporización y el flujo de calor intercambiado:

$$Q_c = W_c \cdot \lambda_{vap}$$

$$W_c = \frac{3.461.045 \text{ kJ/h}}{2.754 \text{ kJ/kg}} = 1.256,73 \text{ kg / h}$$

El vapor saturado que circula por el interior del serpentín tiene una temperatura de 461K y una presión de 1.201Kpa.

6. CÁLCULO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS DE PROCESO. DISEÑO DE CONDUCCIONES.

Los fluidos van a ser transportados a través de tuberías, las cuales tienen una sección transversal disponible en una gran variedad de tamaños, espesores de pared y materiales de construcción. La selección de la tubería depende de los costos de tuberías y accesorios, y de la energía requerida para el bombeo.

Los materiales para la construcción de las tuberías son muy diversos, pero el más común y estándar en la industria es el acero. Su clasificación se basa fundamentalmente en la composición química del material, sus propiedades mecánicas (carga de rotura, límite elástico, alargamiento y resistencia). En la elección de un tipo de acero se deberá tener en cuenta:

- La resistencia mecánica (ruptura y fluencia)
- La resistencia a la corrosión y a la oxidación
- La resistencia térmica

6.1. RED DE TUBERÍAS.

Las conducciones principales de la planta son las siguientes:

- 8 tuberías desde la red general de agua a cada reactor.(L-101-L108).
- 4 tuberías desde cada tanque de ácido sulfúrico (tenemos 2 tanques) que irán unidas a cada tubería que va de la red general de agua al reactor mediante una bomba dosificadora.(L-109-L-116).
- 8 tuberías de descarga de cada reactor a los tanques de almacenamiento.(L-117-L-124).

El material a utilizar por tanto será acero inoxidable A-304 (conteniendo 18% de Cr y 8 % de Ni), muy utilizado en la construcción de tuberías de proceso, además se ha tenido en cuenta que se está utilizando ácido sulfúrico que es muy corrosivo.

6.2. CAUDALES

A continuación se indican los caudales aportados por cada una de las bombas necesarias en la instalación.

Tabla 6.1. Caudales a transportar.

BOMBAS	Caudal másico (kg/h)	Caudal volumétrico (L/h)
B-01 a B-08	13.800	13.827,7
B-09 a B-16	1.200	655,73
B-17 a B-24	15.000	14.312,9

6.3. SELECCIÓN DE TUBERÍAS.

El standard de tuberías más importante y de uso más frecuente es el Código de Tuberías a Presión A.N.S.I. B.31, constituyendo una guía fiable de los mínimos requerimientos para el diseño. Para cada tamaño de tubería y diámetro nominal, se dispone de una gama de tuberías de distintos espesores de pared según las condiciones de operación, identificados mediante el número de serie *Schedule Number (Sch)*.

Una determinación rápida aunque aproximada por exceso, del *Sch* conveniente para una presión de trabajo P (en psi), a una cierta temperatura T, la proporciona la fórmula:

$$Sch = \frac{1000 \cdot P}{\sigma}$$

siendo σ la tensión máxima admisible del acero a la temperatura T, expresada en psi.

Para la selección del tamaño nominal de cada una de las conducciones, se va a seguir el procedimiento de cálculo descrito a continuación:

1. Se impone una velocidad de flujo inicial en el interior de la tubería. En el caso de líquidos, la velocidad supuesta se selecciona a partir de valores típicos tabulados en la bibliografía.(figura 4.1. Anexo Gráfico).
2. Se calcula el diámetro de la tubería, ya que se conoce el caudal de fluido que circula, y, por tanto, se obtiene la sección de paso.
3. Con el diámetro interior calculado, se toma el diámetro nominal de tubería inmediatamente superior correspondiente al número de cédula (Schedule) estándar, y a partir de las condiciones de servicio, se calculará el espesor mínimo necesario y se corregirá el número de cédula seleccionado de forma preliminar. A partir de este último quedan designados el diámetro exterior y el peso aproximado que soporta la tubería según la tabla de especificaciones.
4. Con el nuevo valor de D_{int} se recalcula la velocidad de flujo.

$$S(m^2) = \pi \frac{D^2}{4} = \frac{Q(m^3/h)}{v(m/h)}; \text{ de donde } D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = 18,8 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

Tabla 6.2. Diámetros nominales calculados para tuberías.

CONDUCCIÓN		Q	S	D _{calc}		DN
Nº	Mat.	(m ³ /h)	(cm ²)	(cm)	(in)	(in)
L-101 a L-108	316-L	13,83	2,4•10 ⁻³	5,5	2,17	2
L-109 a L-116	316-L	0,66	1,53•10 ⁻⁴	1,4	0,55	3/8
L-117 a L-124	316-L	14,31	2,48•10 ⁻³	5,6	2,20	2

6.4.CÁLCULO DE ESPESORES DE PARED.

Una vez conocidos los DN de las tuberías, se calculará el espesor mínimo requerido y a partir de él, se establecerá el número de *Schedule* apropiado para este espesor.

El espesor mínimo que debe poseer una conducción viene dado por la siguiente expresión:

$$e = \left(\frac{P \cdot D_{ext}}{2 \cdot (SE + PY)} + c \right) \cdot M$$

e: espesor mínimo de la tubería requerido, en pulgadas

P: presión interna de diseño de la conducción, en psi. $P_{max} = 3,5 \text{ kg/cm}^2$

D_{ext} : diámetro externo de la conducción, en pulgadas

S: coeficiente básico de trabajo o tensión admisible del material a la temperatura de diseño, en kg/cm^2

E: factor de eficiencia de la soldadura. Valor indicado para cada tipo de tubería en la norma ANSI B 31.3. Para tubos sin costura se toma $E = 1$.

Y: coeficiente que depende del material de la tubería y de la temperatura. Para aceros a temperaturas de servicio inferiores a 900°F se toma $Y = 0,4$.

c: sobreespesor de corrosión. En general, este valor será de 1,5 a 3 mm para acero al carbono y aleado y de 0,8 a 1,5 mm para acero inoxidable.

M: tolerancia fabricación (aproximadamente 1,125 para tubos de acero)

El valor de la tensión máxima admisible “SE” dependerá del rango de temperaturas de trabajo. Estos valores se encuentran tabulados en el código ANSI B 31.3, Sección 3.

Tabla 6.3 Características mecánicas del acero inoxidable.

	Valor	Unidades
Resistencia a la tracción	1082,5	kg/cm^2
Límite elástico	1581,75	kg/cm^2
Módulo de elasticidad	$2,1 \cdot 10^6$	kg/cm^2

En las siguientes tablas se muestran los valores de espesor obtenidos para cada una de las líneas.

Tabla 6.4. Espesores de tuberías de proceso .

LÍNEA	SE	P _{dis}	DN	D _{ext}		e _{min}	Sch	e _{final}
Nº	kg/cm ²	kg/cm ²	in	in	mm	in		in
L-101 a L-108	1082,5	3,5	2	2,38	60,33	0,072	10S	0,109
L-109 a L-116	1082,5	3,5	3/8	0,68	17,15	0,069	40	0,091
L-117 a L-124	1082,5	5,7	2	2,38	60,33	0,074	10S	0,109

6.5. PÉRDIDAS DE CARGA

6.5.1. PERDIDAS DE CARGA MAYORES.

Las pérdidas de carga mayores son debidas al rozamiento del fluido con las paredes de la tubería. Estas pérdidas denominadas h_f se pueden calcular a partir de la expresión de Darcy:

$$h_f = f \frac{L \cdot v^2}{D_i \cdot 2 \cdot g}$$

f : factor de fricción

L : longitud de tramo de tubería considerado (m)

v : velocidad del fluido (m/s)

D_i : diámetro interior de tubería (m)

g : aceleración de la gravedad (m/s²)

Se considera para los cálculos la longitud máxima estimada de tubería a recorrer.

Para el cálculo del factor de fricción se usa el diagrama de Moody. (Figura 4.4 anexo gráfico). Para ello es necesario el dato de rugosidad relativa del material ε/D y el cálculo del número de Reynolds. (anexo gráfico figura 4.3)

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

Los valores de “ ρ ” y “ μ ” vendrán influenciados por la temperatura del fluido que circula por la conducción.

Si se consideran tuberías de acero comercial para el cálculo de f , tenemos que ε (rugosidad absoluta) es de 0,00015 mm y para una aleación de cobre de 0,0015.

Tabla 6.5. Cálculo factor de fricción de tuberías

CONDUCCIÓN	D_{INT} (m)	V (m/s)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/m·s)	Re	ε/D	f
L-101 a L-108	0,0549	1,6	998	0,001	87.664	0,0008	0,0054
L-109 a L-116	0,0126	1,2	1830	0,0197	1.405	0,00365	0,012
L-117 a L-124	0,0549	1,6	1065	0,0025	37.420	0,0008	0,006

Con los valores de longitud y diámetro respectivos de las distintas tuberías que conforman el *rack* principal de planta, se puede conocer el valor de h_f en la expresión de Darcy, correspondiente a las pérdidas de carga en la tubería debida a las pérdidas de carga mayores.

Tabla 6.6. Pérdidas de carga mayores en tuberías

CONDUCCIÓN	$L_{ESTIMADA}$ (m)	f	$h_{mayores}$ (m)
L-101 a L-108	30,5	0,0054	0,391
L-109 a L-116	30,5	0,012	2,13
L-117 a L-124	30,5	0,006	0,435

6.5.2. PÉRDIDAS DE CARGA MENORES.

Son debidas a los accesorios necesarios para la conducción del fluido a través de las tuberías, tales como válvulas, codos, etc. La influencia de estos accesorios se toman en cuenta asignado una longitud equivalente de tubería a cada accidente, según tabulaciones realizadas en base de datos experimentales. La longitud equivalente es la longitud de tubería recta que produciría la misma caída de presión que un accesorio si lo reemplazara por tubería. Por lo tanto, para calcular las pérdidas de carga totales, en el término L de la expresión de Darcy

quedan englobados no sólo la longitud de tubería sino la suma de longitud real y todas las longitudes equivalentes a accesorios. La longitud L corresponde pues, a la suma de longitud real de tubería recta L_t más la longitud equivalente de los accesorios L_e . La pérdida de carga por efecto de los accesorios y por tubería recta resulta:

$$H = f \frac{L V^2}{D 2g} = f \frac{L_t + L_e}{D} \frac{V^2}{2g}$$

Los accesorios necesarios para las conducciones de la instalación proyectada, con sus correspondientes longitudes de equivalencia (Figuras 4.7 y 4.8 Anexo Gráfico), se relacionan en las tablas que figuran a continuación:

Tabla 6.7. Longitudes equivalentes para accesorios

CONDUCCIONES L-101 a L-108, DN 2"		
Accesorio	$L_{eq}/unidad$	$L_{eq\ total}$
Codo 90° R peq	1,8/2	3,6
Válvula de bola	2,5•d/1	0,1
Válvula retención	4,5/1	4,5
Conexión en T	5/1	5
Sumatorio		13,2

CONDUCCIONES L-109 a L-116, DN 3/8"		
Accesorio	$L_{eq}/unidad$	$L_{eq\ total}$
Codo 90° R peq	0,8/2	1,6
Válvula de bola	2,5•d/1	0,02
Válvula retención	1,9/1	1,9
Conexión en T	4/1	4
Sumatorio		13,2

CONDUCCIONES L-117 a L-124, DN 2"		
Accesorio	$L_{eq}/unidad$	$L_{eq\ total}$
Codo 90° R peq	1,8/2	3,6
Válvula de bola	2,5•d/1	0,1
Válvula retención	4,5/1	4,5
Conexión en T	5/0	-
Sumatorio		8,2

Las pérdidas de carga finales se presentan a modo de resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6.8. Pérdidas de carga totales en tuberías

LINEAS	$h_{\text{Totales}}(\text{m})$
L-101 a L-108	0,573
L-109 a L-116	2,797
L-117 a L-124	0,552

6.6. UNIONES

Las uniones entre tramos de tuberías se llevarán a cabo mediante codos estándar de 90°, bien mediante conexiones estándar en T con flujo desviado a 90°.

Todas las uniones de los tramos de tuberías de la instalación a los accesorios de unión van a ser realizadas mediante bridas de casquillo, tipo que normalmente se emplea para diámetros pequeños. Al ser las condiciones de servicio moderadas, la elección más adecuada es un asiento de cara realizada con una junta plana no metálica de amianto comprimido, la más común en plantas de procesos que operan por debajo de los 750°F. La normativa empleada en la selección de uniones es la norma ASA-B.16.5.

El DN de cada brida será idéntico al DN de la tubería en la que se sitúe. Estarán fabricadas en hierro fundido, mientras que los pernos de unión de las bridas serán de acero A-307, siguiendo la norma mencionada anteriormente. Los materiales seleccionados son los que comúnmente se emplean para condiciones de servicio que no superan los 450 °F de temperatura.

10. CÁLCULO DE EQUIPOS PARA LA IMPULSIÓN DE FLUIDOS

10.1. DISEÑO DE BOMBAS

10.1.1. INTRODUCCIÓN

Las bombas son unos dispositivos que van a incrementar la energía mecánica de un líquido, aumentando su velocidad, presión o elevación, o las tres. Las más comunes son las de desplazamiento positivo y las bombas centrífugas.

- Las bombas de desplazamiento positivo aplican presión al líquido mediante un pistón recíproco, o por miembros rotatorios, los cuales forman alternativamente cámaras llenas o vacías de líquido.
- Las bombas centrífugas generan altas velocidades de rotación, convirtiendo la energía cinética resultante del líquido en energía de presión.

En las bombas, la densidad del líquido no varía en forma apreciable y es posible considerar esta propiedad constante.

10.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

A partir de la Figura 5.1 Anexo Gráfico y en base a los resultados que se van a obtener a continuación acerca de altura útil y potencia de bombas, se concluye que las bombas centrífugas son apropiadas para el rango en el que se opera en las instalaciones. Se opta, por tanto, por utilizar mayoritariamente bombas centrífugas debido además a que es el tipo más común de equipo de impulsión en una planta industrial y a que poseen una serie de ventajas frente a otros tipos como son su simplicidad, el bajo costo inicial, el flujo uniforme (sin pulsaciones), el pequeño espacio necesario para su instalación, los costos bajos de mantenimiento y su funcionamiento silencioso. Se aconseja además que las bombas sean similares en la medida de lo posible por cuestiones de mantenimiento.

En una bomba de este tipo, 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 al mismo. El líquido fluye hacia fuera por el interior de los espacios que existen entre las aspas y abandona el impulsor a una velocidad considerablemente mayor con respecto a la de la entrada del mismo. En una bomba que funciona de 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 espiral 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, comúnmente del orden de 1.750 a 3.450 r.p.m.. En condiciones ideales de flujo sin fricción, la eficiencia mecánica de una bomba centrífuga es del 100%. Una bomba ideal que opera a una velocidad determinada, genera una velocidad de descarga constante para cada carga específica desarrollada. Las bombas reales, debido a la fricción y otras características, tienen una eficiencia algo menor del caso ideal.

En el funcionamiento de la bomba, habrá que tener en cuenta tres parámetros fundamentales:

- La altura o carga desarrollada (H)
- La eficiencia (η)
- El consumo de potencia (P)

Existen gráficas que representan las curvas características para bombas que relacionan los tres parámetros en función de la velocidad de flujo volumétrico del líquido. A medida que aumenta la velocidad de flujo, la carga real desarrollada por la bomba disminuye. La carga máxima se desarrolla a flujo cero.

Por otra parte, se producirán dos tipos de pérdidas en el funcionamiento de una bomba centrífuga: pérdida de carga y pérdida de potencia. Se produce pérdida

de carga debido al flujo circulatorio y también a la fricción del fluido en los conductos y canales de la bomba, además de pérdidas de choque debido a los cambios repentinos en la dirección del líquido que sale del impulsor. La fricción alcanza el valor más elevado para la velocidad máxima de flujo. Las pérdidas por choque son mínimas para las condiciones de operación estipuladas para la bomba, y pueden ser mayores dependiendo del aumento o disminución del valor especificado para la velocidad de flujo.

10.1.3. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LAS BOMBAS

A) Altura útil:

La altura útil es la energía neta que la bomba debe transmitir al fluido. El cálculo se realiza aplicando la ecuación de Bernouilli entre los puntos de aspiración y descarga de la bomba. Genéricamente, se puede tomar 2 puntos de la conducción, 1 y 2, situados, por ejemplo, en la superficie de donde se bombeará el fluido y en la salida de la tubería de descarga.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + H = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{f1-2}$$

Despejando H:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_{f1-2}$$

$(z_2 - z_1)$: diferencia de cotas entre los puntos considerados. (m)

$\frac{P_2 - P_1}{\rho g}$: diferencia de presiones entre los puntos considerados. (m)

$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$: diferencia de velocidad entre los 2 puntos considerados. (m)

h_{f1-2} : pérdidas de carga totales externas a la bomba. (m)

A continuación se realiza el cálculo para el caso de una de las bombas centrífugas de la instalación a modo de ejemplo:

*BOMBA B-01 para la carga de reactor con agua y ácido sulfúrico:

- P_1 : el agua se encontrará en un depósito en cuya superficie la presión será la atmosférica, $P_1 = 101.325 \text{ Pa}$
- P_2 : en el punto de descarga (reactor), la presión también es la atmosférica, $P_2 = 101.325$
- z_1 : cota del nivel del depósito. $z_1 = 3 \text{ m}$
- z_2 : cota del punto más alto de la línea de impulsión, $z_2 = 3,21 \text{ m}$
- v_1 : velocidad lineal en la superficie del líquido, $v_1 = 0 \text{ m / s}$
- v_2 : velocidad lineal en la descarga, $v_2 = 1,6 \text{ m / s}$
- h_{f1-2} : pérdida total de presión entre los 2 puntos considerados

$$h_{f1-2} = \sum h_{\text{tubos}} + \sum h_{\text{acces}} + \sum h_{\text{otros equipos}} = 0,573 \text{ m}$$

Se obtendrá de esta forma el valor de H en metros.

$$H = (3 - 3,21) + \frac{1,6^2}{2 * 9,81} + 0,573 = 0,913 \text{ m}$$

Tabla 10.1. Cálculo de la altura útil para bombas

BOMBA	$\rho \text{ (Kg/m}^3\text{)}$	$z_2 - z_1 \text{ (m)}$	$P_2 - P_1 \text{ (Pa)}$	$v_2 - v_1 \text{ (m/s)}$	$h_{f1-2} \text{ (m)}$	H (m)
B-01 a B-08	998	0,21	0	1,6	0,573	0,913
B-09 a B-16	1830	3,69	243.412,2	1,2	2,797	13,80
B-17 a B-24	1065	5,23	0	1,6	0,552	5,91

B) Altura de aspiración

Hay que diferenciar entre la Altura Neta Positiva de Aspiración requerida (NPSHr) y la Altura Neta Positiva de Aspiración disponible (NPSHd).

La NPSHr es una característica de la bomba dependiente del diseño de la misma. Representa la energía necesaria para llenar la parte de aspiración y vencer las pérdidas por rozamiento y aumento de velocidad desde la conexión de aspiración de la bomba hasta el punto donde se incrementa la energía.

La NPSHd es la energía del líquido en el punto de aspiración de la bomba, por encima del nivel del líquido, debida a su presión de vapor. Representa la máxima energía por unidad de peso que el fluido puede perder sin convertirse en vapor. Por tanto:

$$NPSHd = \frac{P_e - P_{sat}}{\rho g} + \frac{v_e^2}{2g}$$

El subíndice “e” representa el punto de entrada a la bomba. Para que el funcionamiento sea correcto y se eviten problemas de cavitación. Esto es, evaporación súbita de algo de líquido dentro de la bomba formándose burbujas de vapor, reduciendo de forma importante la capacidad de la bomba y causando una severa erosión. La energía que posee el líquido a la entrada de la bomba debe ser mayor que la estipulada por el fabricante para el correcto funcionamiento. Por tanto se debe cumplir siempre que $NPSHd > NPSHr$

En la práctica se exige que NPSHd sea al menos un 20% superior a NPSHr.

Para los casos en los que el líquido se aspire a partir de un tanque, es más fácil referir la presión de entrada a la bomba a la superficie libre del líquido en la aspiración. Para ello basta aplicar la ecuación de Bernoulli entre los puntos de aspiración (a) de la superficie libre del líquido en el depósito y de entrada a la bomba (e). Considerando que la velocidad en el punto “a” es despreciable y operando algebraicamente, se llega a la siguiente expresión:

$$NPSHd = \frac{P_a - P_{sat}}{\rho g} - \left(\frac{v_e^2}{2g} + h_{f_{a-e}} \right)$$

Al igual que en el caso anterior, se va a realizar el cálculo de la altura neta positiva de aspiración disponible “NPSHd” para el caso de la bomba B-01 de la instalación a modo de ejemplo:

P_a : presión en la superficie del líquido en el depósito, $P_a = P_{atm}$

P_{sat} : presión de saturación del fluido, $P_{sat} = 3147,213\text{Pa}$

v_a : velocidad lineal en la superficie del líquido, $v_a = 0\text{ m/s}$

v_e : velocidad lineal a la entrada de la bomba, $v_e = 1,6\text{ m/s}$

$h_{f\ a-e}$: pérdida de carga entre los puntos considerados de la conducción, en este caso es de 0,573 m.

$$NPSHd = \frac{P_a - P_{sat}}{\rho g} - \left(\frac{v_e^2}{2g} + h_{f\ a-e} \right) = 9,32\text{ m}$$

Tabla 10.2. Cálculo altura neta de sección positiva

Nº	P_{sat} (Pa)	P_a (Pa)	v_e (m/s)	v_a (m/s)	$h_{f\ a-e}$ (m)	NPSH _d (m)
B-01 a B-08	3147,21	101325	0	1,6	0,573	9,32
B-09 a B-16	0	101325	0	1,2	2,797	2,774
B-17 a B-24	3147,21	101325	0	1,6	0,552	8,71

C) Potencia.

La potencia útil, W, es la potencia neta que comunica la bomba al fluido, es decir, representa la potencia invertida en impulsar el caudal útil a la altura útil.

Ecuación para su cálculo: $W = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$

Q: caudal que suministra la bomba, (m^3 / s)

ρ : densidad del fluido, (kg / m^3)

g: aceleración de la gravedad, $9,81\text{ m/s}^2$

H: altura útil, (m)

Tabla 10.3. Cálculo altura neta de succión positiva.

BOMBA	Q (m ³ /s)	ρ (kg / m ³)	H _{util} (m)	W (wattios)
B-01 a B-08	3,84•10 ⁻³	998	0,913	34,32
B-09 a B-16	1,83•10 ⁻⁴	1830	13,80	45,34
B-17 a B-24	3,98•10 ⁻³	1065	5,91	245,43

La potencia de accionamiento o potencia de eje de la bomba, W_a , se evalúa en función del rendimiento total de la bomba a partir de la expresión:

$$W_a = \frac{W}{\eta_{total}}$$

El rendimiento total de la bomba, η_{total} , es el producto de 3 rendimientos: el hidráulico, el volumétrico y el mecánico. A modo estimativo, se supondrá un rendimiento global en torno al 60%. Normalmente se recomienda que la potencia de accionamiento sea un 20-25% superior a la calculada.

Resumen de las características de las bombas de la instalación

Datos que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar las diferentes bombas comerciales para su aplicación en la planta:

Tabla 10.4. Cálculo de la potencia requerida.

BOMBA	Fluido	Q (m ³ / s)	H _{util} (m)	<i>NPSH_d</i>	W (wattios)
B-01 a B-08	Agua	3,84•10 ⁻³	0,913	9,32	71,15
B-09 a B-16	H ₂ SO ₄	1,83•10 ⁻⁴	13,80	2,77	94,46
B-17 a B-24	Agua + H ₂ SO ₄	3,98•10 ⁻³	5,91	8,71	511,31



FACULTAD DE **CIENCIAS**

Título de Ingeniero Químico



**“DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE
PROCESADO DE RESIDUOS DE COSECHA DE
GIRASOL POR HIDRÓLISIS ÁCIDA”**

ANEXO GRÁFICO

Ibán Rodríguez Rodríguez

Octubre 2006

ÍNDICE.

ANEXO GRÁFICO

1. SILOS	Pág. 1
2. UNIONES MECÁNICAS	Pág. 3
3. TRANSMISIÓN DE CALOR	Pág. 5
4. TRANSPORTE DE FLUIDOS	Pág. 5
5. BOMBAS.....	Pág. 12
6. FICHAS EQUIPOS.....	Pág. 13

1. SILOS

Tabla 1.1. Coeficientes de empujes activo

Ángulo de inclinación del terreno β	Ángulo de rozamiento del terreno ϕ	Ángulo de talud del terreno β	Coeficiente λ_H de empuje activo horizontal siendo la inclinación del muro: $b : h = \text{cota} =$						Coeficiente λ_V de empuje activo vertical siendo la inclinación del muro: $b : h = \text{cota} =$					
			0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2
0°	0°	0°	0,71	0,67	0,62	0,56	0,49	0,42	0,57	0,40	0,25	0,11	0,00	-0,08
	5°	5°	0,78	0,73	0,67	0,60	0,52	0,44	0,62	0,44	0,27	0,12	0,00	-0,09
	10°	10°	0,88	0,81	0,74	0,65	0,57	0,48	0,70	0,49	0,29	0,13	0,00	-0,10
	15°	15°	1,01	0,92	0,83	0,74	0,64	0,54	0,81	0,55	0,33	0,15	0,00	-0,11
	20°	20°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	1,18	0,79	0,46	0,20	0,00	-0,15
$\frac{\phi}{3}$	0°	0°	0,63	0,60	0,56	0,51	0,45	0,39	0,64	0,46	0,28	0,16	0,05	-0,03
	5°	5°	0,70	0,66	0,62	0,56	0,48	0,42	0,71	0,51	0,31	0,18	0,06	-0,03
	10°	10°	0,80	0,75	0,68	0,61	0,54	0,46	0,81	0,58	0,34	0,20	0,06	-0,04
	15°	15°	0,95	0,87	0,79	0,70	0,61	0,52	0,96	0,67	0,39	0,23	0,07	-0,04
	20°	20°	1,47	1,21	1,16	1,02	0,88	0,76	1,49	1,01	0,58	0,33	0,10	-0,06
$\frac{2\phi}{3}$	0°	0°	0,56	0,54	0,52	0,48	0,42	0,37	0,72	0,53	0,36	0,22	0,10	0,01
	5°	5°	0,63	0,61	0,57	0,52	0,46	0,40	0,81	0,60	0,40	0,24	0,11	0,01
	10°	10°	0,73	0,69	0,64	0,58	0,51	0,44	0,93	0,67	0,45	0,27	0,12	0,02
	15°	15°	0,88	0,82	0,76	0,67	0,59	0,50	1,13	0,81	0,53	0,31	0,14	0,02
	20°	20°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	1,88	1,28	0,82	0,47	0,21	0,03
20°	0°	0°	0,49	0,49	0,47	0,44	0,40	0,35	0,80	0,60	0,42	0,27	0,15	0,05
	5°	5°	0,56	0,56	0,53	0,48	0,44	0,38	0,92	0,69	0,47	0,29	0,16	0,06
	10°	10°	0,66	0,64	0,60	0,55	0,49	0,42	1,08	0,78	0,54	0,33	0,18	0,06
	15°	15°	0,82	0,77	0,71	0,64	0,57	0,48	1,35	1,01	0,69	0,39	0,21	0,07
	20°	20°	1,47	1,31	1,16	1,02	0,88	0,76	2,42	1,62	1,04	0,60	0,32	0,12
0°	0°	0°	0,65	0,60	0,55	0,48	0,41	0,33	0,52	0,36	0,22	0,10	0,00	-0,07
	5°	5°	0,79	0,72	0,64	0,55	0,46	0,37	0,63	0,43	0,26	0,11	0,00	-0,07
	10°	10°	0,89	0,80	0,70	0,60	0,50	0,41	0,71	0,48	0,28	0,12	0,00	-0,08
	15°	15°	1,03	0,92	0,80	0,69	0,57	0,46	0,82	0,55	0,32	0,14	0,00	-0,09
	25°	25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	1,24	0,81	0,46	0,20	0,00	-0,14
$\frac{\phi}{3}$	0°	0°	0,56	0,53	0,49	0,44	0,37	0,30	0,60	0,43	0,28	0,16	0,05	-0,02
	5°	5°	0,70	0,65	0,58	0,51	0,43	0,34	0,75	0,53	0,34	0,18	0,06	-0,02
	10°	10°	0,80	0,73	0,65	0,56	0,47	0,38	0,96	0,60	0,38	0,20	0,07	-0,02
	15°	15°	0,96	0,86	0,76	0,65	0,55	0,44	1,03	0,70	0,44	0,23	0,08	-0,02
	25°	25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	1,66	1,10	0,67	0,35	0,12	-0,03
$\frac{2\phi}{3}$	0°	0°	0,48	0,47	0,44	0,40	0,35	0,29	0,69	0,51	0,35	0,21	0,10	0,03
	5°	5°	0,79	0,72	0,64	0,55	0,46	0,37	0,88	0,64	0,42	0,25	0,12	0,03
	10°	10°	0,89	0,80	0,70	0,60	0,50	0,41	1,04	0,73	0,48	0,28	0,14	0,03
	15°	15°	1,03	0,92	0,80	0,69	0,57	0,46	1,27	0,88	0,56	0,33	0,16	0,04
	25°	25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	2,24	1,47	0,92	0,52	0,25	0,06
25°	0°	0°	0,40	0,41	0,39	0,37	0,32	0,27	0,81	0,60	0,42	0,27	0,15	0,07
	5°	5°	0,53	0,52	0,48	0,44	0,38	0,31	1,07	0,77	0,51	0,32	0,18	0,07
	10°	10°	0,63	0,60	0,56	0,50	0,43	0,35	1,27	0,89	0,60	0,37	0,20	0,08
	15°	15°	0,79	0,74	0,67	0,59	0,50	0,41	1,60	1,10	0,71	0,43	0,23	0,10
	25°	25°	1,55	1,35	1,16	0,98	0,82	0,68	3,13	1,99	1,23	0,72	0,38	0,17
0°	0°	0°	0,60	0,54	0,48	0,41	0,33	0,26	0,48	0,33	0,19	0,08	0,00	-0,05
	5°	5°	0,71	0,64	0,55	0,46	0,37	0,28	0,57	0,38	0,22	0,09	0,00	-0,06
	10°	10°	0,89	0,78	0,67	0,55	0,44	0,33	0,71	0,47	0,27	0,11	0,00	-0,07
	15°	15°	1,04	0,90	0,77	0,63	0,50	0,38	0,83	0,54	0,31	0,13	0,00	-0,08
	30°	30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	1,28	0,82	0,45	0,19	0,00	-0,12
$\frac{\phi}{3}$	0°	0°	0,50	0,47	0,42	0,37	0,30	0,24	0,57	0,41	0,26	0,14	0,05	-0,01
	5°	5°	0,61	0,56	0,50	0,42	0,34	0,27	0,69	0,49	0,31	0,16	0,06	-0,01
	10°	10°	0,79	0,71	0,61	0,51	0,41	0,32	0,90	0,62	0,38	0,20	0,07	-0,01
	15°	15°	0,95	0,84	0,72	0,60	0,48	0,37	1,08	0,73	0,45	0,23	0,08	-0,01
	30°	30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	2,63	1,68	1,02	0,57	0,27	0,09
$\frac{2\phi}{3}$	0°	0°	0,41	0,40	0,37	0,33	0,28	0,22	0,68	0,49	0,33	0,20	0,10	0,03
	5°	5°	0,52	0,49	0,44	0,39	0,32	0,25	0,85	0,60	0,39	0,24	0,12	0,04
	10°	10°	0,69	0,63	0,56	0,48	0,39	0,30	1,13	0,78	0,50	0,29	0,14	0,05
	15°	15°	0,86	0,77	0,67	0,57	0,46	0,35	1,41	0,96	0,60	0,35	0,17	0,05
	30°	30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	2,63	1,68	1,02	0,57	0,27	0,09
30°	0°	0°	0,32	0,33	0,33	0,30	0,26	0,21	0,82	0,60	0,41	0,26	0,15	0,07
	5°	5°	0,42	0,42	0,39	0,35	0,30	0,24	1,07	0,76	0,50	0,31	0,17	0,08
	10°	10°	0,58	0,56	0,51	0,44	0,37	0,29	1,48	1,01	0,65	0,39	0,21	0,10
	15°	15°	0,75	0,70	0,62	0,53	0,44	0,34	1,92	1,26	0,79	0,47	0,25	0,12
	30°	30°	1,60	1,36	1,14	0,93	0,75	0,59	4,10	2,45	1,44	0,82	0,43	0,20

[Ruiz C, 1976]

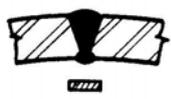
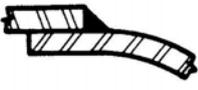
Tabla 1.2. Función de presión en silos.

z/z_0	$1 - e^{-z/z_0}$	z/z_0	$1 - e^{-z/z_0}$	z/z_0	$1 - e^{-z/z_0}$
0,00	0,000	1,00	0,632	2,00	0,865
0,05	0,049	1,05	0,650	2,05	0,871
0,10	0,095	1,10	0,667	2,10	0,877
0,15	0,139	1,15	0,683	2,15	0,883
0,20	0,181	1,20	0,699	2,20	0,889
0,25	0,221	1,25	0,713	2,25	0,895
0,30	0,259	1,30	0,727	2,30	0,900
0,35	0,295	1,35	0,741	2,35	0,905
0,40	0,330	1,40	0,754	2,40	0,909
0,45	0,362	1,45	0,766	2,45	0,914
0,50	0,393	1,50	0,777	2,50	0,918
0,55	0,423	1,55	0,788	2,55	0,922
0,60	0,451	1,60	0,798	2,60	0,926
0,65	0,478	1,65	0,808	2,65	0,929
0,70	0,503	1,70	0,817	2,70	0,933
0,75	0,528	1,75	0,826	2,75	0,936
0,80	0,551	1,80	0,835	2,80	0,939
0,85	0,573	1,85	0,843	2,85	0,942
0,90	0,593	1,90	0,850	2,90	0,945
0,95	0,613	1,95	0,858	3,00	0,950

[Ruiz C, 1976]

2. UNIONES MECÁNICAS.

Figura 2.1.

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

[Eugene F. Megyesy, 2001]

Figura 2.2.

PESO DE TORNILLOS PASANTES									
Con cabeza cuadrada y tuerca exagonal, en libras por 100 piezas									
Longitud abajo de la cabeza, pulgadas	Diámetro del tornillo en pulgadas								
	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4
1	2.38	6.11	13.0	24.1	38.9				
1 1/4	2.71	6.71	14.0	25.8	41.5				
1 1/2	3.05	7.47	15.1	27.6	44.0	67.3	95.1		
1 3/4	3.39	8.23	16.5	29.3	46.5	70.8	99.7		
2	3.73	8.99	17.8	31.4	49.1	74.4	104	143	
2 1/4	4.06	9.75	19.1	33.5	52.1	77.9	109	149	
2 1/2	4.40	10.5	20.5	35.6	55.1	82.0	114	155	206
2 3/4	4.74	11.3	21.8	37.7	58.2	86.1	119	161	213
3	5.07	12.0	23.2	39.8	61.2	90.2	124	168	221
3 1/4	5.41	12.8	24.5	41.9	64.2	94.4	129	174	229
3 1/2	5.75	13.5	25.9	44.0	67.2	98.5	135	181	237
3 3/4	6.09	14.3	27.2	46.1	70.2	103	140	188	246
4	6.42	15.1	28.6	48.2	73.3	107	145	195	254
4 1/4	6.76	15.8	29.9	50.3	76.3	111	151	202	262
4 1/2	7.10	16.6	31.3	52.3	79.3	115	156	208	271
4 3/4	7.43	17.3	32.6	54.4	82.3	119	162	215	279
5	7.77	18.1	33.9	56.5	85.3	123	167	222	288
5 1/4	8.11	18.9	35.3	58.6	88.4	127	172	229	296
5 1/2	8.44	19.6	36.6	60.7	91.4	131	178	236	304
5 3/4	8.78	20.4	38.0	62.8	94.4	136	183	242	313
6	9.12	21.1	39.3	64.9	97.4	140	188	249	321
6 1/4	9.37	21.7	40.4	66.7	100	143	193	255	329
6 1/2	9.71	22.5	41.8	68.7	103	147	198	262	337
6 3/4	10.1	23.3	43.1	70.8	106	151	204	269	345
7	10.4	24.0	44.4	72.9	109	156	209	275	354
7 1/4	10.7	24.8	45.8	75.0	112	160	214	282	362
7 1/2	11.0	25.5	47.1	77.1	115	164	220	289	371
7 3/4	11.4	26.3	48.5	79.2	118	168	225	296	379
8	11.7	27.0	49.8	81.3	121	172	231	303	387
8 1/2		28.6	52.5	85.5	127	180	241	316	404
9		30.1	55.2	89.7	133	189	252	330	421
9 1/2		31.6	57.9	93.9	139	197	263	343	438
10		33.1	60.6	98.1	145	205	274	357	454
10 1/2		34.6	63.3	102	151	213	284	371	471
11		36.2	66.0	106	157	221	295	384	488
11 1/2		37.7	68.7	110	163	230	306	398	505
12		39.2	71.3	115	170	238	316	411	522
12 1/2			74.0	119	176	246	327	425	538
13			76.7	123	182	254	338	439	556
13 1/2			79.4	127	188	263	349	452	572
14			82.1	131	194	271	359	466	589
14 1/2			84.8	135	200	279	370	479	605
15			87.5	140	206	287	381	493	622
15 1/2			90.2	144	212	296	392	507	639
16			92.9	148	218	304	402	520	656
Por pulgada adicional	1.3	3.0	5.4	8.4	12.1	16.5	21.4	27.2	33.6

Notas: El tornillo es del tipo Regular con cabeza cuadrada, ASA B18.2, y la tuerca es Hexagonal terminada, AS B18.2.
Esta tabla sigue las normas de peso adoptadas por el Industrial Fasteners Institute.

[Eugene F. Megyesy, 2001]

3. 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]

4. TRANSPORTE DE FLUIDOS.

Figura 4.1.

Velocidades típicas de líquidos en tuberías de acero (m/s)

	$D \leq 2''$	$3'' < D < 10''$	$10'' < D < 20''$
<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)	Vapor sobrecalentado, o gas (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]

Figura 4.2. Tamaños de tubo y espesores de pared nominales generalmente disponibles.

Tamaño nominal del tubo	Unidades convencionales									
	Diámetro exterior (in)	Cédula o designación								
		5S	10S	Std	40	XS	80	120	160	XXS
1/8	0.405	0.035	0.049	0.068	0.068	0.095	0.095			
1/4	0.540	0.049	0.065	0.088	0.088	0.119	0.119			
3/8	0.675	0.065	0.065	0.091	0.091	0.126	0.126			
1/2	0.840	0.065	0.083	0.109	0.109	0.147	0.147			
3/4	1.050	0.065	0.083	0.113	0.113	0.154	0.154			
1	1.315	0.065	0.109	0.133	0.133	0.179	0.179		0.187	0.294
1 1/4	1.660	0.065	0.109	0.140	0.140	0.191	0.191		0.218	0.308
1 1/2	1.900	0.065	0.109	0.145	0.145	0.200	0.200		0.250	0.358
2	2.375	0.065	0.109	0.154	0.154	0.218	0.218		0.281	0.382
2 1/2	2.875	0.083	0.120	0.203	0.203	0.276	0.276		0.281	0.400
3	3.500	0.083	0.120	0.216	0.216	0.300	0.300		0.344	0.436
3 1/2	4.000	0.083	0.120	0.226	0.226	0.318	0.318		0.375	0.552
4	4.500	0.083	0.120	0.237	0.237	0.337	0.337		0.438	0.600
5	5.563	0.109	0.134	0.258	0.258	0.375	0.375	0.438	0.531	0.674
6	6.625	0.109	0.134	0.280	0.280	0.432	0.432	0.500	0.625	0.750
8	8.625	0.109	0.148	0.322	0.322	0.500	0.500	0.562	0.719	0.864
10	10.75	0.134	0.165	0.365	0.365	0.500	0.500	0.594	0.906	0.875
12	12.75	0.156	0.165	0.375	0.406	0.500	0.688	0.719	1.125	1.000
14	14.00	0.156	0.250	0.375	0.438	0.500	0.750	0.844	1.312	1.000
16	16.00	0.165	0.250	0.375	0.500	0.500	0.844	1.094	1.406	
18	18.00	0.165	0.188	0.375	0.562	0.500	0.938	1.219	1.594	
20	20.00	0.188	0.250	0.375	0.594	0.500	1.219	1.375	1.781	
24	24.00	0.218	0.250	0.375	0.688	0.500	1.219	1.500	1.969	
>24				0.375		0.500		1.812	2.344	

Figura 4.3.

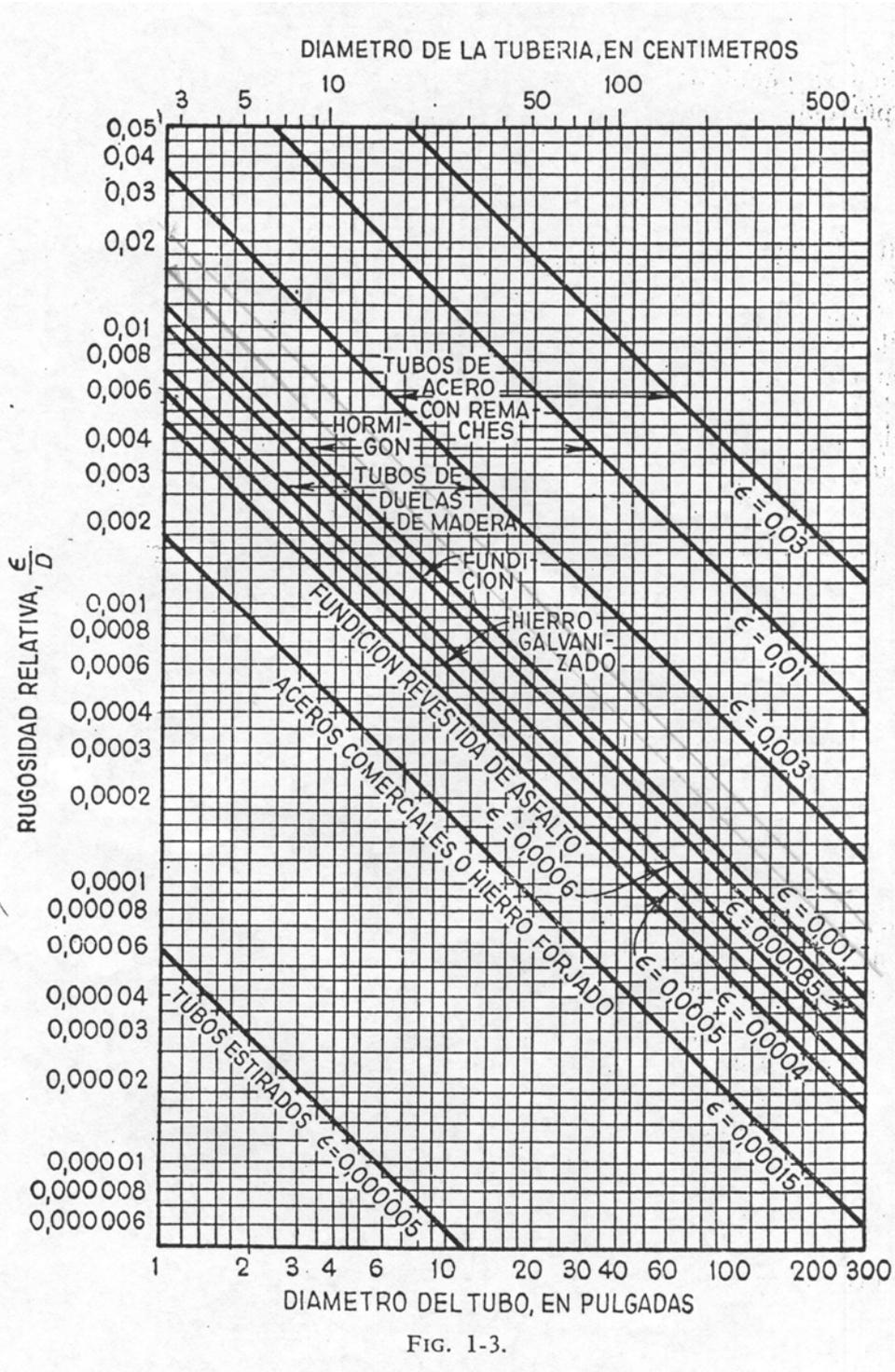
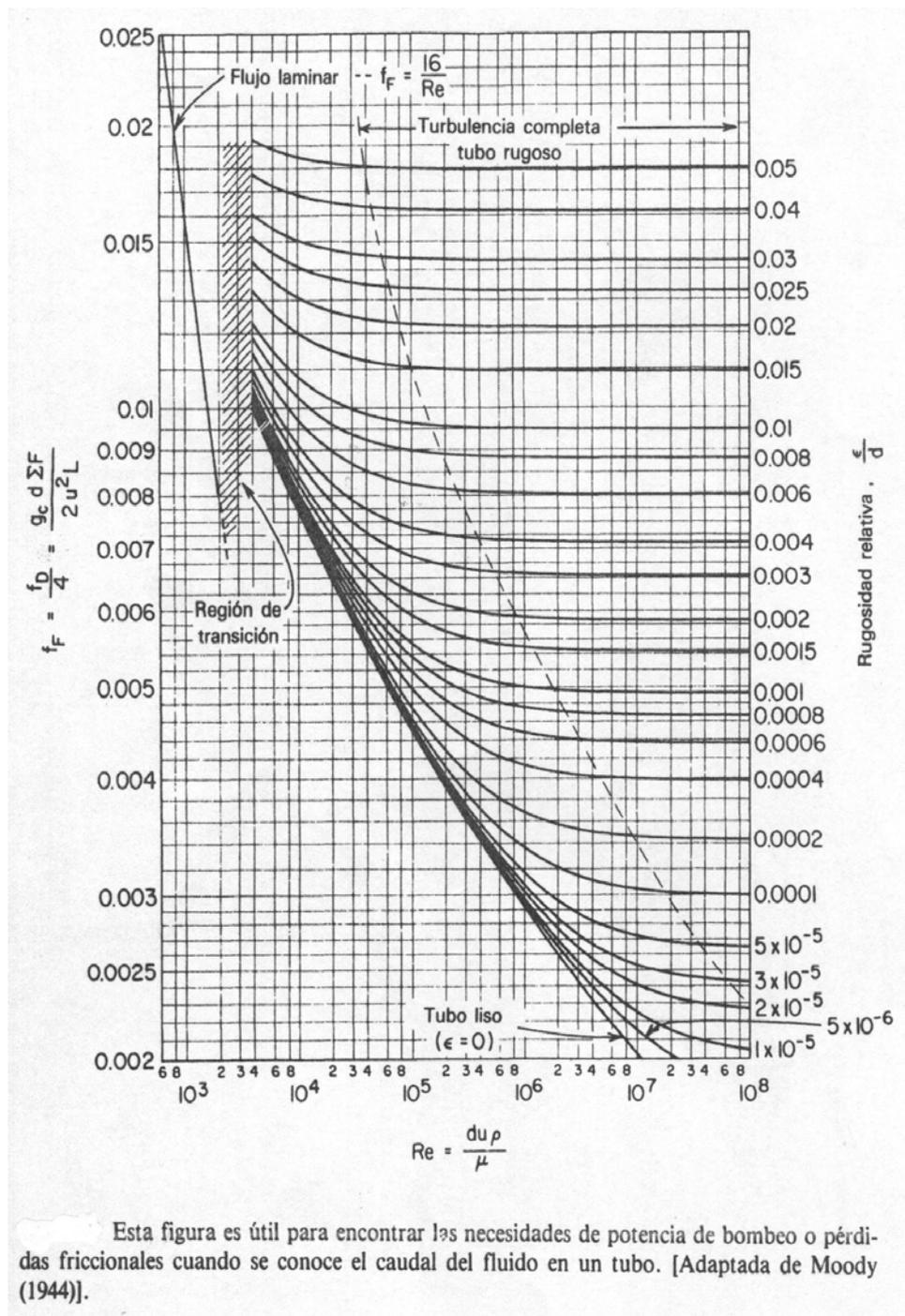


FIG. 1-3.

[Ranald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu, 1994]

Figura 4.4.



[Ranald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu, 1994]

Figura 4.5.

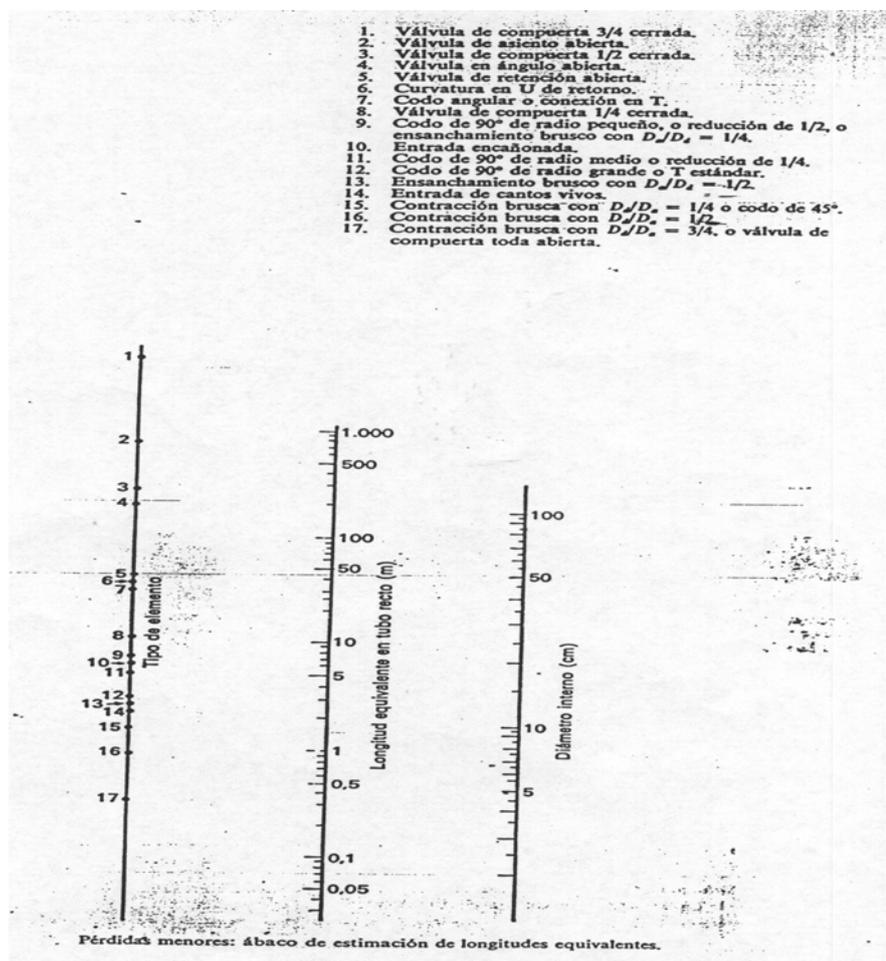
Dimensiones, capacidades y pesos de tuberías de acero normalizadas †

Tamaño nominal de tubería in	Diámetro exterior cm	Número de catálogo	Espesor de pared cm	Diámetro interior cm	Área de la sección transversal de metal cm ²	Área de la sección interior dm ²	Circunferencia m, o superficie m ² /m de longitud		Capacidad para la velocidad de 1 m/seg litros/min	Peso de tubería kg/m
							Exterior	Interior		
1/8	1,029	40	0,173	0,683	0,465	0,00372	0,0323	0,0215	2,198	0,36
			0,241	0,546	0,600	0,00232	0,0323	0,0172	1,405	0,46
1/4	1,372	40	0,224	0,925	0,806	0,00669	0,0430	0,0290	4,032	0,63
			0,302	0,767	1,013	0,00465	0,0430	0,0241	2,772	0,80
3/8	1,715	40	0,231	1,252	1,077	0,01236	0,0540	0,0393	7,387	0,85
			0,320	1,074	1,400	0,00910	0,0540	0,0338	5,436	1,10
1/2	2,134	40	0,277	1,580	1,613	0,01960	0,0671	0,0497	11,76	1,27
			0,373	1,387	2,065	0,01514	0,0671	0,0436	9,066	1,62
3/4	2,667	40	0,287	2,093	2,148	0,03447	0,0838	0,0658	20,64	1,68
			0,391	1,885	2,794	0,02787	0,0838	0,0591	16,74	2,19
1	3,340	40	0,338	2,664	3,187	0,05574	0,1049	0,0838	33,44	2,50
			0,455	2,431	4,123	0,04636	0,1049	0,0762	27,85	3,23
1 1/4	4,216	40	0,356	3,505	4,310	0,09662	0,1326	0,1100	57,89	3,38
			0,485	3,246	5,684	0,08277	0,1326	0,1021	49,65	4,47
1 1/2	4,826	40	0,368	4,089	5,161	0,13136	0,1515	0,1283	78,79	4,05
			0,508	3,810	6,897	0,11380	0,1515	0,1198	68,41	5,40
2	6,033	40	0,391	5,250	6,935	0,21646	0,1896	0,1649	129,9	5,43
			0,554	4,925	9,529	0,19045	0,1896	0,1548	114,3	7,47
2 1/2	7,303	40	0,516	6,271	10,99	0,30861	0,2295	0,2054	185,3	8,62
			0,701	5,900	14,54	0,27331	0,2295	0,1853	164,0	11,40
3	8,890	40	0,549	7,793	14,37	0,47658	0,2792	0,2448	286,2	11,28
			0,762	7,366	19,46	0,42613	0,2792	0,2313	255,7	15,25
3 1/2	10,16	40	0,574	9,012	17,29	0,63822	0,3191	0,2832	382,7	13,56
			0,808	8,545	23,73	0,57319	0,3191	0,2685	344,1	18,62
4	11,43	40	0,602	10,226	20,45	0,82124	0,3591	0,3213	492,8	16,06
			0,856	9,718	28,45	0,74190	0,3591	0,3054	445,0	22,29
5	14,13	40	0,655	12,819	27,74	1,29131	0,4438	0,4026	774,4	21,76
			0,953	12,225	39,42	1,1733	0,4438	0,3841	704,3	30,92
6	16,83	40	0,711	15,405	36,00	1,8636	0,5285	0,4840	1118	28,23
			1,097	14,633	54,19	1,6815	0,5285	0,4596	1009	42,52
8	21,91	40	0,818	20,272	54,17	3,2274	0,6882	0,6367	1937	42,49
			1,270	19,368	82,32	2,9459	0,6882	0,6084	1768	64,57
10	27,31	40	0,927	25,451	76,84	5,0863	0,8577	0,7986	3053	60,24
			1,509	24,287	122,3	4,5688	0,8577	0,7629	2780	95,84
12	32,39	40	1,031	30,323	101,6	7,2211	1,0174	0,9540	4333	79,71
			1,748	28,890	168,2	6,5550	1,0174	0,9083	3933	131,8

† Basado en USAS B 16.10.

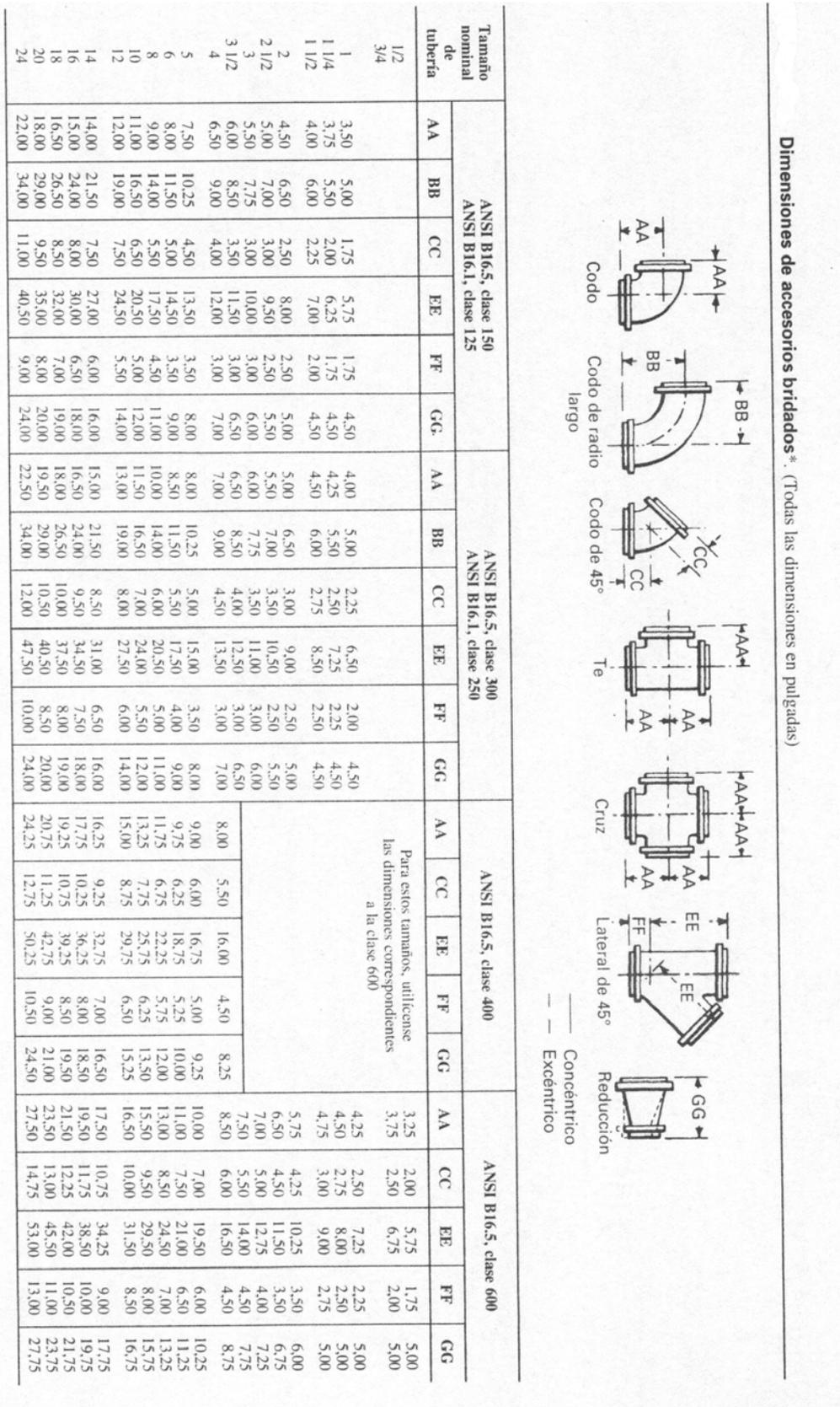
[Eugene F. Megyesy, 2001]

Figura 4.6.



[Ranald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu, 1994]

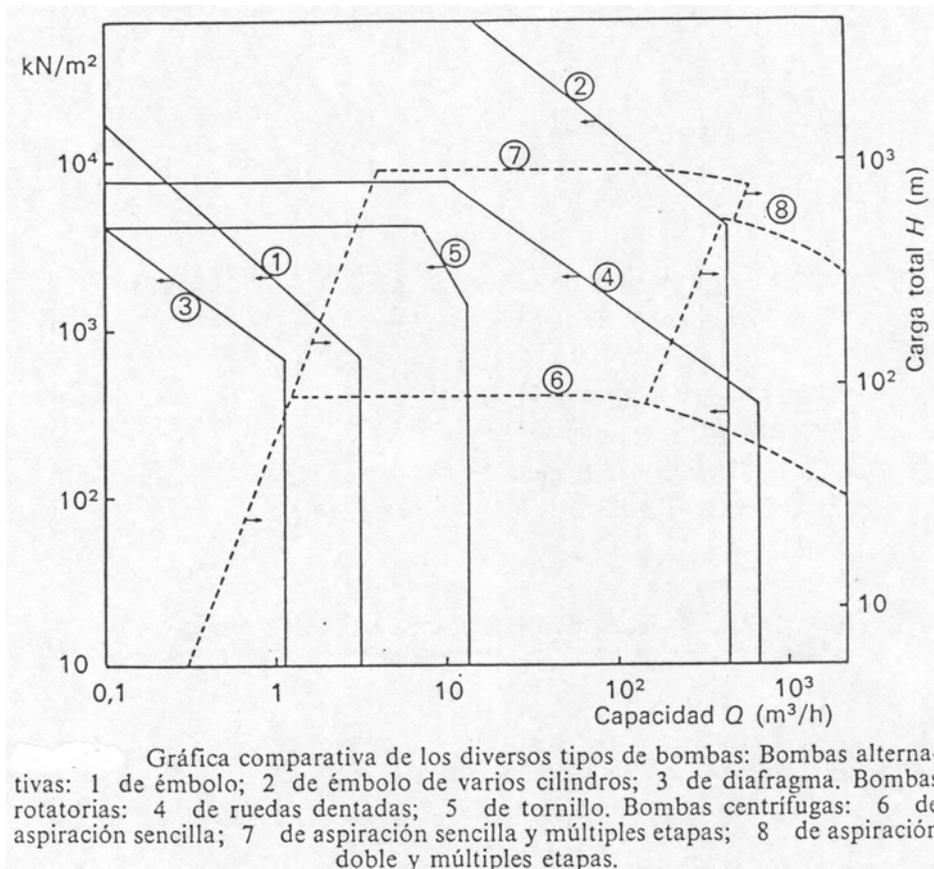
Figura 4.7.



[Ranald V. Giles, Jack B. Evett, Cheng Liu, 1994]

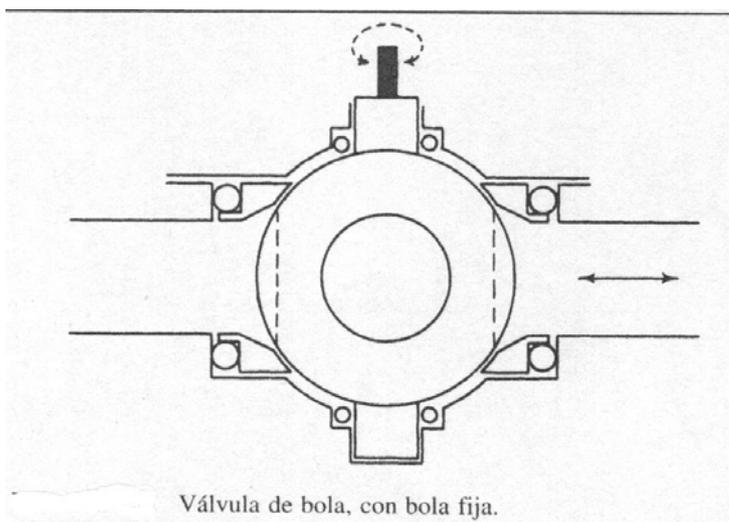
5. BOMBAS

Figura 5.1.



[Robert H. Perry, 2001]

Figura 5.2.



[Robert H. Perry, 2001]

6. FICHAS EQUIPOS.

MIGSA // Erribera kalea 1, 20749 AIZARNAZABAL, Gulpúzcoa // Tel: 943147083 // Fax: 943147897 // http: //www.migsa.es // e-mail: comercial@migsa.es

MIGSA

silos de almacenaje con equipamiento completo

SI/D

Rev. 04/99

Acero al carbono o inoxidable

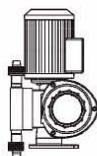
Opciones de descarga del silo (Ver fichas)

Vibración: extractor vibrante.

Fluidificación: fondo fluidificado o paneles.

D nominal (mm)	Rango	Capacidad (m³)	H (mm)	h (mm)	a (mm)
2400	Desde 13.5	67.2	4950	3000	1950
	Hasta 67.2		16950	15000	
2900	Desde 29.0	116.4	6850	4500	2350
	Hasta 67.2		20350	18000	
3200	Desde 47.8	155.0	8650	6000	2650
	Hasta 67.2		22150	19500	
3800	Desde 84.0	268.0	10650	7500	3150
	Hasta 67.2		27150	24000	

3- Les Consejos



El dispositivo accionamiento de una bomba dosificadora



- Bomba dosificadora electromagnética
- Bomba dosificadora electromecánica

Los 3 principales elementos de una bomba dosificadora son :

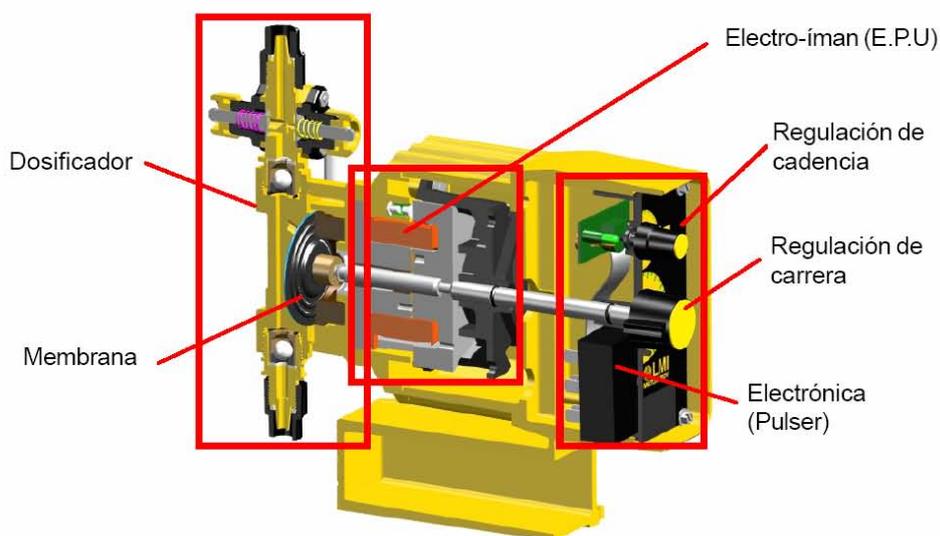
- El dispositivo de accionamiento
- El conjunto mecánico (Ver Ficha Consejos n°4)
- El dosificador (Ver Ficha Consejos n°5)

El dispositivo accionamiento

- Bomba dosificadora electromagnética

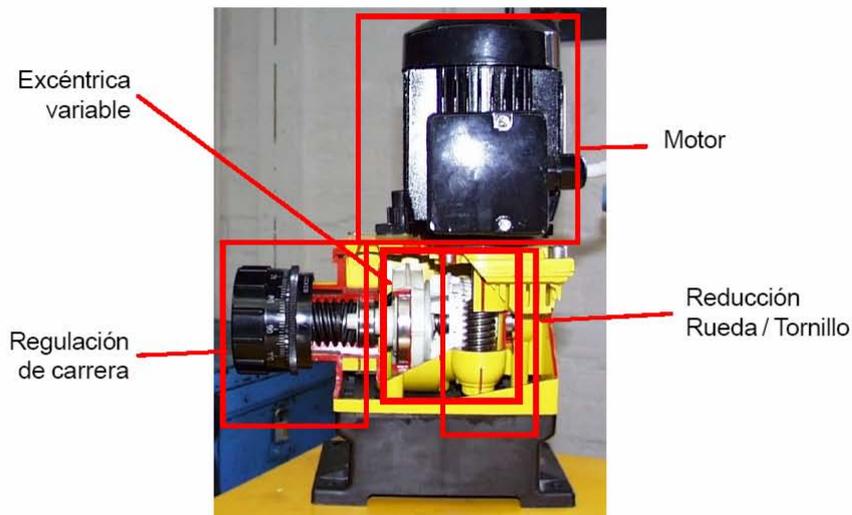


El dispositivo de accionamiento de una bomba dosificadora electromagnética se basa en un electroimán equilibrado dinámicamente por resortes (esto mejora su rendimiento y duración precisando un mínimo de potencia) y alimentado por medio de una electrónica de mando. El electroimán y su electrónica de mando están integrados a la bomba.



• **Bomba dosificadora electromecánica**

Generalmente es un motor eléctrico el que compone el dispositivo de accionamiento de una bomba dosificadora electromecánica. Más raramente, en el caso de montajes llamados multiplex, se acciona la bomba dosificadora a través de otra bomba dosificadora a la que está mecánicamente acoplada. Finalmente, a veces se encuentran accionamientos por motor de explosión o por motor de gas. Cuando el dispositivo motriz es de velocidad variable, la bomba dosificadora electromecánica ofrece, entonces, la posibilidad de una cadencia variable.



FRANCE - DOSAPRO MILTON ROY S.A.
10, Grande Rue - 27360 Pont Saint Pierre
Tél. : +33 (0)2 32 68 30 00 - Fax : +33 (0)2 32 68 30 93
www.dosapro.com - email : contact@dosapro.com

ESPAÑA - DOSAPRO MILTON ROY IBERICA
C/Embajadores, 100 - 28012 MADRID
Tél. : +34 91 517 80 00 - Fax : +34 91 517 52 38
www.dosapro.es - email : madrid@dosapro.es

UNITED KINGDOM - MILTON ROY (UK) LTD
Oakland Business Centre - Oakland Park
WOKINGHAM - BERKSHIRE - RG41 2FD
Tél. : +44 118 977 1066 - Fax : +44 118 977 1198
www.miltonroypumps.co.uk - email : miltonroy@dosapro.com

INTERNATIONAL SALES and PROJECTS DEPARTMENT
10, Grande Rue - 27360 Pont Saint Pierre (France)
Tél. : +33 (0)2 32 68 30 12 - Fax : +33 (0)2 32 68 30 91

SPARE PARTS DEPARTMENT/PIÈCES DE RECHANGE
10, Grande Rue - 27360 Pont Saint Pierre (France)
Tél. +33 (0)2 32 68 30 01 - Fax: +33 (0)2 32 68 30 92

INTERNATIONAL TECHNICAL ASSISTANCE/ASSISTANCE TECHNIQUE
10, Grande Rue - 27360 Pont-Saint-Pierre (France)
Tél. : +33 (0)2 32 68 30 02 - Fax : +33 (0)2 32 68 30 96

DOSAPRO MILTON ROY EN FRANCE :
Angers, Bordeaux, Lille, Lyon, Nancy, Paris, Rouen



Los Consejos - El dispositivo accionamiento de una bomba dosificadora - 07/02 - Especificaciones modificables sin aviso previo - SIREN 663 650 547 B - RC Evreux



FACULTAD DE CIENCIAS
Título de Ingeniero Químico



**“DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE
PROCESADO DE RESIDUOS DE COSECHA DE
GIRASOL POR HIDRÓLISIS ÁCIDA”**

**DOCUMENTO N° 3:
PLIEGO DE CONDICIONES**

ÍNDICE.

DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES.

III.- PLIEGO DE CONDICIONES.

1. INTRODUCCIÓN	Pág. 1
1.1. OBJETIVO.....	Pág. 1
1.2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS.....	Pág. 1
1.3. COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS	Pág. 2
1.4. DIRECTOR DE OBRA	Pág. 2
1.5. DISPOSICIONES DE APLICACIÓN.....	Pág. 2
2. NORMAS GENERALES	Pág. 3
2.1. CONDICIONES DE INDOLE TÉCNICA	Pág. 3
2.2. LOS LICITADORES	Pág. 10
2.3. LA EVALUACIÓN DE LA OFERTA.....	Pág. 16
2.4. LA CONTRATACIÓN	Pág. 18
3. LOS TRABAJOS	Pág. 23
3.1. LAS ACTUACIONES PREVIAS	Pág. 23
3.2. PLAZO DE REALIZACIÓN.....	Pág. 24
3.3. LOS SUBCONTRATISTAS	Pág. 25
3.4. EL PERSONAL	Pág. 27
3.5. INSPECCIÓN POR LA DIRECCIÓN	Pág. 29
3.6. LAS OBLIGACIONES GENERALES DEL CONTRATISTA.....	Pág. 30
3.7. LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA POR DAÑO.....	Pág. 32
4. LAS ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS	Pág. 34
4.1. LOS SUMINISTROS	Pág. 34
4.2. LA RETIRADA DE MATERIALES INNECESARIOS.....	Pág. 36
4.3. RECEPCIÓN DE LAS OBRAS	Pág. 37

5. CERTIFICACIONES Y LIQUIDACIÓN DE LA OBRA	Pág. 41
5.1. LAS MEDICIONES	Pág. 41
5.2. DE LOS CONCEPTOS Y REDACCIÓN DE LOS PRECIOS	Pág. 42
5.3. CONDICIONES DE PAGO	Pág. 44

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO

El objetivo del Pliego de Condiciones General es especificar las relaciones de índole facultativa, económicas y legales que regirán durante la ejecución de las obras entre la Propiedad o Corporación, el Contratista y el Director de obra. Estas condiciones quedarían supeditadas al correspondiente pliego de condiciones particulares de la obra.

Además, el pliego de condiciones de obra va a establecer las bases de los concursos relacionados con la contratación de las obras y condiciones generales para contratos y pedidos que incluyan mano de obra en el lugar de construcción.

1.2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entregue al contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo.

Son documentos contractuales los Planos, Pliego de Condiciones, Cuadros de Precios y Presupuestos Parcial y Total que se incluyen en el presente proyecto. Los datos incluidos en la memoria y anejos, así como la justificación de precios tiene carácter meramente informativo.

Cualquier cambio en el planteamiento de la obra que implique un cambio sustancial respecto de los proyectado deberá ponerse en conocimiento de la Dirección Técnica para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

1.3. COMPATIBILIDAD Y RELACIÓN ENTRE LOS DOCUMENTOS

En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo descrito en este último documento. Lo mencionado en los Planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

1.4. DIRECTOR DE LA OBRA

La propiedad nombrará en su representación a un Técnico Director en quien recaerán las labores de dirección, control y vigilancia de las obras del presente proyecto. El contratista proporcionará toda clase de facilidades para que el Técnico Director o subalternos puedan llevar a cabo su trabajo con el máximo de eficacia.

No será responsable ante la propiedad de la tardanza de los Organismos competentes en la tramitación del Proyecto. La tramitación es ajena al Técnico Director, quien una vez conseguidos todos los permisos, dará la orden de comenzar la obra.

1.5. DISPOSICIONES DE APLICACIÓN

- Ley de Contratos del Estado, por Decreto 923/1965 de 8 de abril.
- Reglamento General de Contratación para aplicación de dicha Ley, aprobado por Decreto 3354 /1967 de 28 de diciembre.
- Pliegos de prescripciones Técnicas Generales vigentes del M.O.P.U.
- Normas básicas (NBE) y tecnológicas de la edificación (NTE)
- Instrucción de hormigón estructural (EHE) para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón.
- Métodos y Normas de Ensayo Laboratorio Central del M.O.P.U.
- Reglamento sobre recipientes y aparatos a presión.
- Resolución General de Instrucciones para la construcción de 31 de octubre de 1966.
- Reglamento Técnico de líneas eléctricas aéreas de alta tensión (Decreto 3151 /68 de 28 de Noviembre).

2.NORMAS GENERALES

2.1. CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

2.1.1. REPLANTEO

Antes de dar comienzo las obras, el Técnico Director auxiliado del personal subalterno necesario y en presencia del contratista o de su representante, precederá el replanteo general de la obra. Una vez finalizado el mismo, se levantará acta de comprobación del replanteo.

Los replanteos de detalle se llevarán a cabo de acuerdo con las instrucciones y órdenes del Técnico Director de la obra, quien realizará las comprobaciones necesarias en presencia del contratista o de su representante. El contratista se hará cargo de las señalizaciones y referencias que se dejen en el terreno como consecuencia del replanteo.

2.1.2. MOVIMIENTOS DE TIERRAS

Se refiere el presente apartado a los desmontes y terraplenes para dar al terreno la rasante de explanación adecuada, y las operaciones de excavación realizadas con medios manuales y /o mecánicos de zanjas y pozos.

Se adoptan las condiciones generales de ejecución y seguridad en el trabajo, así como las condiciones relativas a los materiales, control de la ejecución, valoración y mantenimiento que especifican las normas.

2.1.3. RED HORIZONTAL DE SANEAMIENTO

Contempla el presente punto las condiciones relativas a los diferentes aspectos relacionados con los sistemas de captación y conducción de aguas para protección de la obra contra la humedad.

Se adoptan las condiciones generales de ejecución y seguridad en el trabajo, condiciones relativas a los materiales y equipos de origen industrial, control de la ejecución, criterios relativos a la prueba de servicio, criterios de valoración y normas para el mantenimiento del terreno, establecidas en la NTE "Saneamiento, drenajes y arrendamientos".

2.1.4. CIMENTACIONES

Las secciones y cotas de profundidad serán las que el Técnico Director señale, con independencia de lo señalado en el proyecto, que tienen carácter meramente informativo. No se rellenarán los cimientos hasta que lo ordene el Técnico Director de las obras, el cual queda facultado para introducir las cimentaciones especiales o modificaciones que juzgue oportuno en función de las características particulares que presente el terreno.

2.1.5. FORJADOS

Regula el presente artículo los aspectos relacionados con la ejecución de forjados pretensados, autorresistentes, armados, de acero o de cualquier patente.

Las condiciones de ejecución, de seguridad en el trabajo, de control de ejecución, de valoración y de mantenimiento son las establecidas en las normas NTE-EHU y NTE-EHR así como en la EF-96 y en la NTE-EAF.

Los hormigones y armaduras cumplirán las condiciones relativas a los diferentes aspectos de ejecución y seguridad, características, medición, valoración y mantenimiento que se establecen en los artículos correspondientes.

2.1.6. HORMIGONES

Se refiere el presente artículo a las condiciones relativas a los materiales y equipos de origen industrial relacionados con la ejecución de las obras de hormigón

en masa o armado, así como las condiciones generales de ejecución, criterios de medición, valoración y mantenimiento.

Regirá lo prescrito en la Instrucción EHE para las obras de hormigón en masa o armado. Asimismo se adopta lo establecido en las normas NTI-EH "Estructuras de hormigón" y NTE-EME "Estructuras de madera":

Las características mecánicas de los materiales y dosificaciones y niveles de control son las que se fijan en el presente proyecto (Cuadro de características EHE y especificaciones de los materiales).

Los hormigones a utilizar serán:

- Muros de cimentación:

HA-25/B/40/IIa (Control normal).

HA-25/B/20/IIa (Control reducido).

- Cimentación:

HA-25/B/40/IIa (Control normal) y,

HA-25/B/20/IIa (Control reducido).

- Resto obra:

HA-25/B/20/IIa

2.1.7. ACERO LAMINADO

Se establecen en el presente artículo las condiciones relativas de los materiales y equipos industriales relacionados con los aceros laminados utilizados en las estructuras de edificación. Tanto en sus elementos estructurales, como en sus elementos de unión. Asimismo se fijan las condiciones relativas a la ejecución, seguridad en el trabajo, control de ejecución, valoración y mantenimiento. Se adopta lo establecido en las normas:

- NBE-MV-102 "Ejecución de las estructuras de acero laminado en edificación "Se fijan los tipos de uniones, la ejecución en taller, el montaje en obra, las tolerancias y las protecciones".

- NBE-MV-103 : "Acero laminado para estructuras se edificaciones", donde se fijan las características de acero laminado, la determinación de sus características y los productos laminados actualmente utilizados.
- NBE-MV-105: "Roblones de acero".
- NBE-MV-106 : " Tornillos ordinarios calibrados para estructuras de acero".
- NTE-EA: "Estructuras de acero ".

2.1.8. CUBIERTAS Y COBERTURAS

Se refiere el presente artículo a la cobertura de edificios con placas, tejas o plaquetas de fibrocemento, chapas finas o paneles formados por doble hoja de chapa con interposición de aislamiento de acero galvanizado, chapas de aleación ligeras, piezas de pizarra, placas de poliéster reforzado, cloruro de polivinilo rígido o polimetacrilato de metilo, tejas cerámicas o de cemento o chapas lisas de cinc en el que el propio elemento proporciona la estanqueidad.

Las condiciones funcionales y de calidad relativa a los materiales y equipos de origen industrial y control de la ejecución, condiciones generales de ejecución y seguridad en el trabajo, así como los criterios de valoración y mantenimiento se especifican en las siguientes normas:

- NTE-QTF: "Cubiertas. Tejados de fibrocemento".
- NTE-QTG: "Cubiertas. Tejados galvanizados".
- NTE-QTL: "Cubiertas. Tejados de alienaciones ligeras".
- NTE-QTP: "Cubiertas. Tejados de pizarra".
- NTE-QTS: "Cubiertas. Tejados sintéticos".
- NTE-QTT: "Cubiertas. Tejados de tejas".
- NTE-QTZ: "Cubiertas. Tejados de zinc".

2.1.9. ALBAÑILERÍA

Se refiere el presente artículo a la fábrica de bloques de hormigón, ladrillo o piedra, a tabiques o prefabricados y revestimientos de paramentos, suelos, escaleras y techos.

Las condiciones funcionales y de calidad relativa a los materiales y equipos de origen industrial, control de ejecución y seguridad en el trabajo, así como los criterios de valoración y mantenimiento son las que especifican las normas:

- NTE-FFB: "Fachadas de bloque".
- NTE-FFL: "Fachadas de ladrillo".
- NTE-EFB: "Estructuras de fabrica de bloque".
- NTE-EFL: "Estructuras de fábrica de ladrillo".
- NTE-EFP: "Estructuras de fabrica de piedra".
- NTE-RPA: "Revestimiento de paramentos. Alicatados".
- NTE-RPE: "Revestimiento de paramentos. Enfoscados".
- NTE-RPG: "Revestimiento de paramentos. Guarnecidos".
- NTE-RPP: "Revestimiento de paramentos. Pinturas".
- NTE-RPR: "Revestimiento de paramentos. Revocos".
- NTE-RSS: "Revestimiento de suelos y escaleras. Soleras".
- NTE-RSB: "Revestimiento de suelos y escaleras. Terrazos".
- NTE-RSP: "Revestimiento de suelos y escaleras. Placas".
- NTE-RIC: "Revestimiento de techos. Continuos".
- NTE-PIL: "Tabiques de ladrillo".
- NTE-PTP: "Tabiques prefabricados".

2.1.10. CARPINTERÍA Y CERRAJERÍA

Se refiere el presente artículo a las condiciones de funcionalidad y calidad que han de reunir los materiales y equipos industriales relacionados con la ejecución y montaje de puertas, ventanas y demás elementos utilizados en particiones y accesos interiores. Asimismo, regula el presente artículo las condiciones de ejecución, medición, valoración y criterios de mantenimiento.

Se adoptará lo establecido en las norma NTE-PPA "Puertas de acero", NTE-PPN "Puertas de madera", NTE-PPV "Puertas de vidrio", NTE-PMA "Mamparas de madera", NTE-PML "Mamparas de aleaciones ligeras".

2.1.11. AISLAMIENTOS

Los materiales a emplear para la ejecución de la instalación de aislamientos estarán de acuerdo con lo prescrito en la norma NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas en los edificios, que en su anexo 5 establece las condiciones de los materiales empleados para aislamiento térmico así como control, recepción y ensayo de dichos materiales, y en el anexo 6 establece diferentes recomendaciones para la ejecución de este tipo de instalaciones. Asimismo se ajustarán a la norma NBE-CA-81 sobre condiciones acústicas de los edificios y de las modificaciones contenidas en el R.D. 2.115/1982 de 12 de Agosto.

La medición y valoración de la instalación de aislamiento se llevará a cabo de la forma prevista en el presente proyecto.

2.1.12. RED VERTICAL DE SANEAMIENTO

Se refiere el presente proyecto a la red de evacuación de aguas pluviales y residuos desde los puntos donde se recogen hasta la acometida de las red del alcantarillado, así como medios de evacuación.

Las condiciones de ejecución, condiciones funcionales de los materiales y equipos industriales, control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición valoración y mantenimiento son las establecidas en las normas:

- NTE-ISS: " Instalaciones de salubridad y saneamiento ".
- NTE-ISD: "Depuración y vertido".
- NTE-ISA: "Alcantarillado".

2.1.13. 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".

2.1.14. INSTALACIONES DE FONTANERÍA Y ABASTECIMIENTO

Regula el presente artículo las condiciones relativas a las ejecución, materiales y equipos industriales, control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento, a las instalaciones de abastecimiento de agua. Se adopta lo establecido en las normas:

- NTE-IFA: "Instalaciones de fontanería"
- NTE-IFC: "Instalaciones de fontanería. Agua caliente".
- NTE-IFF: "Instalaciones de fontanería. Agua fría".

2.1.15. INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN

Se refiere el presente artículo a las instalaciones de ventilación refrigeración y calefacción. Se adoptan las condiciones relativas a funcionalidad y calidad de materiales, ejecución, control, seguridad en el trabajo, pruebas de servicio, medición, valoración y mantenimiento, establecidas en las normas:

- Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas e Instrucciones MIIF complementarias".
- Reglamento ASME sobre recipientes a presión y aparatos a presión".

- NTE-IC "Instalaciones de climatización".
- NTE-ID "Instalaciones de depósitos".
- Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (RD 1618/1980 de 4 de julio).
- NTE-LSV: "Ventilación".

2.1.16. INSTALACIONES DE PROTECCIÓN

Se refiere el presente artículo a las condiciones de ejecución de los materiales de control, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento, relativas a las instalaciones de protección contra fuego y rayos.

Se cumplirá lo prescrito en la norma NBE-CPI-81 sobre condiciones de protección contra incendios y se adoptará lo establecido en la norma NTE-IPP "Pararrayos".

2.1.17. OBRAS O INSTALACIONES NO ESPECIFICADAS

Si en el transcurso de los trabajos fuera necesario ejecutar alguna clase de obra no regulada en el presente Pliego de Condiciones, el contratista queda obligado a ejecutar, con arreglo a las instrucciones que reciba del Técnico Director quien, a su vez, cumplirá la normativa vigente sobre el particular. El contratista no tendrá derecho a reclamación alguna.

2.2. LOS LICITADORES

2.2.1. CONDICIONES MÍNIMAS

Las condiciones mínimas a cumplir por los licitadores serán las siguientes:

2.2.1.1. SOLVENCIA TÉCNICA

Poseer solvencia técnica y especialización suficiente acreditada en la ejecución de obras o instalaciones del mismo tipo de la que es objeto este Proyecto, y llevadas a buen fin sin necesidad de recurrir a prórrogas injustificadas, obtenidas a petición del contratista o, en su caso, la homologación exigida por la Corporación.

2.2.1.2. MAQUINARIA, MEDIOS AUXILIARES Y PERSONAL COMPETENTE

Disponer de maquinaria, medios auxiliares, métodos de trabajo y personal competente, todos ellos adecuados al tipo de trabajos que es preciso ejecutar para la realización de este Proyecto.

2.2.1.3. SOLVENCIA ECONÓMICA

Poseer solvencia económica suficiente que garantice el cumplimiento de la oferta realizada.

2.1.2.4. CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES

Estar al corriente de todas las obligaciones que tenga contraídas respecto a otras obras adjudicadas y no estar incumpliendo en demora por la formalización de contrato alguno de adjudicación anterior por esta Corporación.

2.1.2.5. DATOS PERSONALES

Indicar domicilio y teléfono del licitador, en el Municipio que sea sede de la Corporación convocante del Concurso, durante todo el período de tiempo que transcurra para la ejecución de las obras y plazo de garantía.

2.2.2. OFERTAS

2.2.2.1. DOCUMENTOS

A la oferta económica global, se unirán los siguientes documentos:

A) PRESUPUESTO de ejecución del total de la obra o instalación, formado por la relación valorada obtenida como aplicación de cada uno de los respectivos precios unitarios, a las mediciones del Proyecto correspondientes a cada unidad de obra, más las partidas alzadas. Este presupuesto ha de estar desglosado en los mismos capítulos que figuren en el correspondiente documento de este Proyecto, con un resumen final de capítulos al que se añadirán los tantos por ciento de Gastos Generales, Beneficio Industrial, Impuestos, etc., que el licitador haya considerado en su oferta.

B) RELACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS de las diversas categorías del personal y de los diferentes materiales que se han de utilizar en las unidades de obra que figuran en este Proyecto, incluido en cada uno de ellos su transporte a pie de obra.

C) MARCA, TIPO Y HOMOLOGACIÓN de todos los materiales que se propone utilizar en esta obra o instalación, los cuales no podrán ser sustituidos por otros, aunque sean equivalentes, una vez adjudicada la obra, si no es dando cumplimiento a lo especificado respecto a este particular en el Artículo 2.9.3. “*Modificaciones de obra*”.

D) PROGRAMA DE TRABAJO, en el que se indicará específicamente el plazo máximo total en el que se compromete a la realización total de la obra o instalación, diferenciando claramente los plazos parciales que corresponden a los diversos tramos en que pueda estar dividida. Caso de que este plazo fuese menor que el previsto en este Proyecto, el licitador deberá tener en cuenta lo que respecto a esta circunstancia se especifica en los apartados “*Reducción del plazo*”, “*Programa de trabajo del concursante*” y “*variantes*” de estas prescripciones generales.

E) VARIANTES. El licitador puede ofrecer variantes, tanto al Presupuesto, como al Programa de Trabajos y al Plazo de garantía y mantenimiento, teniendo presente que para que tales variantes puedan ser tenidas en cuenta al comparar las ofertas, han de justificarse en la forma que se

indica en el apartado de “*Garantías*” y ajustarse a las condiciones establecidas en el apartado “*Documentos*”.

2.2.3. GARANTÍAS

Para garantizar que los licitadores cumplen las condiciones mínimas que se indican en 2.2.1 y contrastar la exactitud de la documentación que se exige en 2.2.2.1, se presentarán incluidos en la documentación de la oferta los siguientes escritos y certificados:

2.2.3.1. CERTIFICACIONES DE CORPORACIONES

Certificaciones de ésta y otras Corporaciones para los que haya realizado trabajos similares. En estos certificados se especificarán el tipo y presupuesto de la instalación, fecha de su ejecución, cumplimiento de los plazos, y la total conformidad con el resultado de los trabajos y con el mantenimiento realizado durante el período de garantía.

2.2.3.2. RELACIÓN DEL PERSONAL

Relación del personal técnico y subalterno que se compromete adscribir a la obra, y que no podrá ser sustituido por otro, sin autorización del Director de la misma, teniendo presente que como mínimo se exigirá un Titulado de Grado Medio de las Especialidades correspondientes al tipo de obra o instalación de que se trate en el Proyecto.

2.2.3.3. RELACIÓN DE MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES.

Relación de la maquinaria y medios auxiliares que se compromete adscribir la obra, para la ejecución de las diferentes unidades de la misma, con indicación exacta del tipo y capacidad de cada máquina, y que no podrá sustituir sin la autorización expresa del Director.

2.2.3.4. SOLVENCIA ECONÓMICA

Para demostrar la solvencia económica suficiente se presentarán certificados que avalen la misma.

2.2.3.5. CERTIFICACIÓN DE LA CORPORACIÓN DE NO ESTAR EN DEMORA

Para garantizar el estar al corriente de cualquier obligación contraída por adjudicación de obras y no estar incurso en demora por formalización de contrato, se presentará certificación de esta Corporación, en tal sentido.

2.2.3.6. MARCAS, TIPOS Y HOMOLOGACIONES DE MATERIALES

De las marcas, tipos y homologaciones de los materiales, se acompañarán catálogos y certificados de pruebas y ensayos de los mismos, expedidos por Laboratorios Homologados, estando, en cuanto se refiere a las posibles sustituciones, a lo que se indica en el Apartado “*Sustitución de materiales*”.

2.2.3.7. APROBACIÓN DEL PROGRAMA DE TRABAJO CON REDUCCIÓN DE PLAZO

Para el programa de trabajo presentado por el licitador, con una reducción de plazos de ejecución, será necesaria la aprobación del mismo por el Director, como ya se indica en el Apartado 1.3.2 “*Reducción de plazo*”.

2.2.3.8. MAYOR PLAZO DE GARANTÍA Y MANTENIMIENTO

En el caso de que el licitador ofrezca un mayor plazo de garantía y mantenimiento, se valorará como una mejora de su oferta económica, en función del importe anual asignado en el precio unitario correspondiente y el aumento del plazo ofrecido.

2.2.3.9. FIANZA PROVISIONAL

Como garantía previa a la presentación de ofertas, habrá de constituirse una Fianza provisional para la contratación de las obras objeto del Proyecto.

2.2.3.10. SEGUROS A SUSCRIBIR

El licitador que resulte Adjudicatario del concurso deberá, además de estar al corriente de la Seguridad Social de sus trabajadores, responsabilizarse de que también lo estén los de todos los posibles subcontratistas. Asimismo deberá contratar, como mínimo, las siguientes pólizas de seguros:

- a) Una póliza cuyos riesgos específicos, entre los cuales ha de estar necesariamente incluido el de incendio, cubran el valor total de la obra y el conjunto máximo de máquinas, útiles y suministros que, de acuerdo con el programa de trabajo aceptado, se tenga previsto puedan ocurrir en cualquier momento del transcurso de los trabajos.
- b) Una póliza de responsabilidad por daños a terceros, que cubra esta eventualidad.

Tanto los riesgos específicos como el montaje económico que han de cubrir estas pólizas de seguros, se determinará por el Director, de acuerdo con las características particulares de cada obra.

2.2.4. CESIÓN Y SUBCONTRATAS.

2.2.4.1. CESIÓN

El licitador que resulte adjudicatario del concurso, no podrá hacer cesión del contrato, en todo o en parte, sin la expresa y fehaciente autorización de esta Corporación.

2.2.4.2. SUBCONTRATAS

El licitador que resulte adjudicatario del concurso, podrá realizar partes no esenciales de la instalación por medio de subcontratistas, de acuerdo con lo que se especifica en el capítulo “*De los subcontratistas*”.

2.3. LA EVALUACIÓN DE LA OFERTA

2.3.1. DE LAS ACLARACIONES

Los licitadores podrán solicitar verbalmente o por escrito, aclaraciones a las especificaciones, planos, precios y exigencias que figuran en los respectivos

documentos de este Proyecto.

2.3.1.1. ACLARACIONES SOLICITADAS VERBALMENTE

Estas aclaraciones podrán ser solicitadas en cualquier momento, durante el plazo de presentación de ofertas, no haciéndose responsables ni los informantes ni la Corporación, de las interpretaciones que pueda hacer de las contestaciones recibidas el licitador solicitante.

Cuando se refieran a aspectos técnicos del Proyecto objeto del concurso: cálculos, memoria técnica, mediciones, precios, planos, presupuestos, prescripciones generales, etc., deberán ser contestadas por el Director o, en su caso, el autor del Proyecto.

2.3.1.2. ACLARACIONES SOLICITADAS POR ESCRITO

Las aclaraciones que se soliciten por escrito, deberán dirigirse al Presidente de esta Corporación, quien, según el tipo de las mismas, recabará los

informes pertinentes y contestará al solicitante también por escrito. Será por ello condición imprescindible para recibir la contestación, que en la solicitud se especifiquen con total claridad, además de las aclaraciones que se piden, los datos personales, el domicilio y el teléfono del solicitante, sin cuyos requisitos no se dará la petición por recibida.

Será también imprescindible el que sean presentados en el Registro de Entrada de la Corporación, con siete (7) días de antelación al de finalización del plazo de presentación de ofertas.

La Corporación no admite responsabilidad alguna en el caso de que por causas de fuerza mayor, la contestación a las aclaraciones solicitadas por este medio no lleguen con la suficiente antelación a poder del solicitante, como para ser tenidas en cuenta en la presentación de su oferta.

2.3.2. DE LOS CRITERIOS DE ADJUDICACIÓN

Las proposiciones que sean declaradas admitidas, se pasarán a los servicios competentes de la Corporación, que las examinarán e informará a la misma acerca de las mayores o menores ventajas o garantías de las proposiciones presentadas.

La Corporación podrá declarar desierto el Concurso si así lo juzgase procedente, o adjudicarlo al licitador que estime más conveniente, aun cuando su proposición no sea la más ventajosa desde el punto de vista económico, sin que nadie tenga derecho a formular reclamación alguna por ningún concepto, ni alegar motivo alguno de daño o perjuicio.

2.3.2.1. VALORACIÓN PREVIA DE LA OFERTA DE UN MAYOR PLAZO DE GARANTÍA Y MANTENIMIENTO.

El ofrecimiento de un mayor plazo de garantía y mantenimiento se ponderará de acuerdo con lo especificado en 2.3.8, previamente a cualquier otra

comparación, realizando su transformación en euros y aplicando su importe como baja resultante al presupuesto total de la instalación.

2.3.2.2. PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS

Teniendo presente lo que se especifica en el párrafo segundo del Artículo 2.2 anterior, para la elección de la oferta que la Corporación pueda considerar más ventajosa, como norma general, y a título meramente orientativo para los licitadores, se indica a continuación el orden de prevalencia de los criterios con los cuales serán valoradas las distintas propuestas, partiendo de la base de que todas ellas han de cumplir, como mínimo, con el precio suministros y plazo que se especifican en los Documentos de este Proyecto.

- a) Mejor precio.
- b) Mejor calidad de suministro.
- c) Menor plazo.

2.4. LA CONTRATACIÓN

2.4.1. ADJUDICACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL CONTRATISTA

2.4.1.1. ADJUDICACIÓN

Adjudicado definitivamente el Concurso convocado para la adjudicación de la obra o instalación del presente Proyecto, se notificará fehacientemente tal resolución al Contratista que resulte ser el adjudicatario. Se le requerirá asimismo para que presente el Documento que acredite haber constituido la fianza definitiva en la forma exigida en el Apartado 2.4.2.1

2.4.1.2. PRESENTACIÓN DEL CONTRATISTA Y FECHA DE REPLANTEO

Recibida por el Contratista la notificación de la adjudicación del Concurso a su favor, dispondrá de un plazo de siete (7) días para presentarse al Director, el que aprovechará esta ocasión para determinar conjuntamente la fecha en que habrá de realizarse el replanteo.

2.4.2. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO

2.4.2.1. FIANZA DEFINITIVA

El Contratista está obligado a construir una fianza definitiva.

2.4.2.2. FIRMA DEL CONTRATO

Una vez constituida la fianza definitiva, se procederá a la formalización del Contrato.

2.4.3. DURACIÓN DEL CONTRATO.

El Contratista y la Corporación quedarán mutuamente obligados por las cláusulas contractuales, independientemente de la fecha en que se firme el Contrato, a partir del día en que se efectúe el replanteo, fecha desde la que se empezará a contar el plazo de ejecución de la obra o instalación ofertado en su programa de trabajo, y consolidado de acuerdo con lo que se señala en el Apartado 3.2.2 “*Modificación del Programa de Trabajo*”, si se diesen las circunstancias en éste consideradas.

Esta mutua obligación contractual terminará el mismo día en que se realice la entrega de obra, de acuerdo con lo que se especifica en el apartado 5.3.3 “*Liquidación*”.

2.4.4. SANCIONES

2.4.4.1. POR INCUMPLIMIENTO DE PLAZOS

El Contratista estará obligado a cumplir tanto el plazo de iniciación de la obra o instalación, de acuerdo con lo estipulado en 3.2.1 “*Comienzo de los trabajos*”, como los plazos parciales y el total fijado en su programa de trabajo consolidado de acuerdo con lo que se especifica en 3.1.2 “*Consolidación del Programa de Trabajo*”.

La falta de cumplimiento de todos estos plazos por causas imputables al Contratista, podrá dar lugar a la imposición de penalidades.

2.4.4.2. INCUMPLIMIENTO DE OBLIGACIONES DURANTE LA GARANTÍA

Se considerarán faltas sancionables las actuaciones del Contratista que no se ajusten a lo especificado en el Artículo 4.3.6 “*obligaciones durante la garantía*”. Estas faltas se clasificarán en leves y graves.

Se considerarán faltas leves las que afecten a la calidad de la prestación sin que representen riesgos o peligro para las personas, animales o cosas, ni causen molestias a los vecinos del municipio.

Las faltas que exijan o produzcan gastos a la Corporación o supongan una reducción inadmisibles de la calidad de la prestación que debe exigírsele a la obra o instalación ejecutada, serán calificadas como graves.

2.4.4.3. IMPORTE MÁXIMO DE LAS PENALIDADES

Por perjuicios ocasionados por demora, se establecen dos tipos de penalizaciones:

- Un porcentaje del valor total del suministro por unidad de tiempo (normalmente hasta un 10-15%).
- Una cantidad fija por unidad de tiempo.

Y por incumplimiento de garantías:

- Retención de la cantidad restante por pagar.
- Pago de un porcentaje establecido sobre los costes extra derivados del menor rendimiento de la instalación.
- Pago de todos los gastos originados por las modificaciones necesarias en la instalación hasta alcanzar las garantías ofrecidas.
- Compensación fija en metálico.

2.4.5. RESOLUCIÓN DEL CONTRATO

La rescisión del Contrato suscrito por el Contratista y la Corporación puede producirse por incumplimiento de las obligaciones contractuales por parte del contratista, por parte de la Corporación o por mutuo acuerdo.

2.4.5.1. CAUSAS DE RESOLUCIÓN DEL CONTRATO POR INCUMPLIMIENTO DEL CONTRATISTA.

- a) El incumplimiento de cualquier cláusula contenida en el Contrato autoriza al Director a exigir su estricto cumplimiento o bien proponer a la Corporación la resolución del Contrato.
- b) La extinción de la personalidad jurídica del contratista.
- c) La declaración de quiebra o suspensión de pagos del Contratista.
- d) El abandono o interrupción injustificada por el Contratista, durante un plazo superior a diez (10) días, de la ejecución de la obra o instalación objeto del Contrato.
- e) Los retrasos imputables al Contratista, derivados del Artículo 2.4.1

2.4.5.2. CAUSAS DE RESOLUCIÓN DEL CONTRATO POR INCUMPLIMIENTO DE LA CORPORACIÓN

El incumplimiento por parte de la Corporación de las obligaciones contractuales podrá dar lugar a que, si el Contratista lo considera oportuno, solicite la rescisión del Contrato.

2.4.5.3. RESOLUCIÓN DEL CONTRATO POR MUTUO ACUERDO

Cuando la resolución del Contrato obedezca al mutuo acuerdo de las partes, se estará, principalmente, a lo válidamente estipulado al efecto entre la Corporación y el Contratista.

2.4.5.4. GASTOS DE LA RESOLUCIÓN

Cualquiera que sea la causa que motive la rescisión del Contrato, los gastos de liquidación así como los originados por la retirada del equipo, serán de cuenta del Contratista.

2.4.5.5. DISPOSICIONES EN CASO DE RESOLUCIÓN DEL CONTRATO

Si la rescisión es motivada por el incumplimiento del Contratista o por lo especificado en alguno de los apartados del apartado 2.4.5.1 anterior, se adoptarán las siguientes disposiciones:

- a) Incautación de la fianza y exigencia de indemnización por los daños y perjuicios causados a la Corporación, fijados y valorados en resolución motivada, atendiendo, entre otros factores, al retraso que implique para la inversión proyectada y a los mayores gastos económicos y administrativos que ocasione.
- b) Cuando la quiebra del Contratista sea culpable o fraudulenta, supondrá la pérdida de fianza.
- c) Cuando se produzca una suspensión de pagos del Contratista, y éste se halle en condiciones de ejecutar la obra o instalación, ofreciendo garantías suficientes a este fin, la Corporación podrá acordar la continuación

provisional de los trabajos en tanto se mantengan las expresadas circunstancias.

En todos los casos de resolución del Contrato la ejecución de las garantías se producirá automáticamente, sin necesidad de acudir a los Tribunales de Justicia. Bastará para ello que la decisión resolutoria sea notificada mediante carta certificada con acuse de recibo.

3.LOS TRABAJOS

3.1.LAS ACTUACIONES PREVIAS

3.1.1. CONSOLIDACIÓN DEL PROGRAMA DE TRABAJO.

3.1.1.1. PROGRAMA DE TRABAJO DE LA OFERTA

El programa de Trabajo incluido en la oferta elegida por la Corporación quedará automáticamente consolidado, vinculando al Contratista a su exacto y total cumplimiento desde ese mismo momento.

3.1.1.2. MODIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE TRABAJO

Si el contratista cree que estas modificaciones afectan de tal manera a la ejecución de las obras que le obliga a reconsiderar el Programa de Trabajo ofertado, propondrá uno nuevo al Director, dentro del plazo máximo de siete (7) días.

Revisado este nuevo documento por el Director, y una vez introducidas en el mismo las correcciones que juzgue oportunas, quedará consolidado y vinculará al Contratista a todos los efectos.

3.1.2. AUTORIZACIONES

3.1.2.1. AUTORIZACIONES LOCALES

La Corporación facilitará los permisos y licencias de su competencia que les sean exigibles al Contratista para la ejecución de las obras.

3.2. PLAZO DE REALIZACIÓN

3.2.1. COMIENZO DE LOS TRABAJOS

Se iniciarán los trabajos dentro del plazo de las 48 horas siguientes a la fecha con que se haya firmado la consolidación del Programa de Trabajo.

3.2.2. ORDEN DE LOS TRABAJOS

El contratista deberá ejecutar las obras con ritmo regular y sin interrupciones, excepto cuando se den circunstancias como las que se contemplan en el apartado siguiente, para terminarlas de acuerdo con lo especificado en el Programa de Trabajo.

Las interrupciones y los retrasos autorizados en los trabajos podrán ser:

- a) Por causas de fuerza mayor.
- b) Por orden o con autorización del Director.

Si la interrupción o retraso en los trabajos son imputables exclusivamente al Contratista, éste no tendrá derecho a reclamar ningún tipo de aumento de plazo, precio o indemnización, y estará sometido, en todo, a las responsabilidades, exigencias y penalidades especificadas en los documentos contractuales.

3.2.3. MEDIDAS A ADOPTAR EN CASO DE INTERRUPCIÓN

En cualquiera de los supuestos de interrupción de los trabajos que se contemplan, se tomarán por el Contratista, y a su costa, las medidas precisas para no causar molestias, peligros o accidentes durante el período de interrupción de los mismos.

Asimismo, tomará todas las medidas necesarias para evitar la degradación o destrozos de los trabajos en curso o en los ya ejecutados, teniendo presente que todos los desperfectos que hayan podido ocasionar durante estas interrupciones habrán de ser reparados a su costa.

Caso de que el Contratista no tomase estas medidas de seguridad, se adoptarán por el Director las medidas de urgencia que considere oportunas.

3.3. LOS SUBCONTRATISTAS

Como ya queda expuesto en 2.2.3.10, el Adjudicatario de la licitación podrá realizar trabajos no esenciales de la obra o instalación mediante subcontratistas.

3.3.1. SUBCONTRATISTAS DEL ADJUDICATARIO

Tras la adjudicación provisional, el Contratista deberá someter al Director y obtener de él la aprobación de la lista completa de Subcontratistas, detallando sus datos empresariales, partes de la obra o instalación a ejecutar por cada uno de ellos, sus referencias, etc.

3.3.2. BAJAS Y ALTAS DE SUBCONTRATISTAS

La modificación por baja o adición de alguno o algunos de los Subcontratistas consignados en la lista inicial, podrá hacerse a petición del Contratista o por exigencia del Director, pero siempre previa autorización expresa de este último.

3.3.3. ACTUALIZACIÓN DE LA LISTA DE SUBCONTRATISTAS

El Contratista estará obligado a mantener actualizada la lista de Subcontratistas. Además deberá suministrar a requerimiento del Director cualquier información aclaratoria o suplementaria acerca de los Subcontratistas.

3.3.4. AUTORIDAD SOBRE LOS SUBCONTRATISTAS

El Contratista es responsable de todo acto de los Subcontratistas, estando, en consecuencia, investido de la suficiente autoridad para la coordinación y eficacia de los trabajos.

3.3.5. ACTUACIÓN DE LOS SUBCONTRATISTAS

Los Subcontratistas están obligados al estricto cumplimiento de todas las estipulaciones del Contrato, tanto en lo que se refiere a su actuación como a su personal. En ningún caso podrán alegar desconocimiento de las mismas.

3.3.6. RESPONSABILIDAD DE LOS SUBCONTRATISTAS

Las responsabilidades de todo tipo por parte de los Subcontratistas: calidad de ejecución, disciplina del personal, cumplimiento de plazos, etc., será asumida por el Contratista ante el Director. En consecuencia, el Contratista, y no cualquiera de los Subcontratistas, será el único interlocutor válido para el Director, y el solo responsable de los incumplimientos de plazos, defectos de obra, etc., de los Subcontratistas, ante la Corporación.

3.4. EL PERSONAL

3.4.1. REPRESENTACIÓN FACULTATIVA DEL SUBCONTRATISTA

El Contratista está obligado a nombrar un Representante Facultativo debidamente autorizado, ante el Director, que deberá aprobar este nombramiento. Dicha persona será el único interlocutor válido y deberá tener suficientes poderes de parte del Contratista para que su capacidad legal y formal le permita tratar todas las contingencias surgidas en la ejecución, así como la rápida toma de decisiones.

Dicho Representante deberá concurrir, sin excusa, a las reuniones, con tal que se le convoque con un mínimo de veinticuatro horas, y siempre a las visitas a la obra programadas.

3.4.2. ENCARGADO DE OBRA

El Contratista deberá designar un Encargado de obra, cualificado, experimentado y competente en su tarea, y que haya sido aceptado explícitamente por el Director.

3.4.3. PERSONAL LABORAL

3.4.3.1. .CAPACIDAD

El Contratista dispondrá del personal necesario y capacitado para la ejecución de las obras que hayan de realizar. La incapacidad de un trabajador, suficientemente constatadas por defectos en el trabajo realizado, facultará al Director a prescindir del mismo y exigir su sustitución.

3.4.3.2. IDENTIFICACIÓN

Todo el personal del Contratista asignado permanentemente a la obra deberá estar adecuadamente documentado mediante tarjetas de identidad plastificadas, que serán facilitadas y firmadas por el Contratista y con el visto bueno de la Corporación. Las tarjetas se ajustarán al modelo establecido por la Corporación y en ellas deberá constar la filiación, el número de la plantilla, la clasificación profesional u otros datos que se estimen pertinentes.

3.4.3.3. REVISIÓN MÉDICA

El personal conductor de vehículos o que maneja máquinas o aparatos deberá someterse a los exámenes médicos reglamentarios.

3.4.3.4. MATERIAL DE SEGURIDAD

Tanto la previsión como las características del material de seguridad estarán de acuerdo con las disposiciones legales vigentes indicadas en 2.4.6.

Para la protección personal, los trabajadores irán provistos de las prendas, calzado y cascos exigidos para las actividades que desarrollen.

3.4.3.5. COMPORTAMIENTO

El personal, tanto del Contratista como de los Subcontratistas, deberá mantener entre sí y con el Director unas buenas relaciones y cooperación, que permitan la marcha eficaz de los trabajos.

3.4.4. LEGISLACIÓN LABORAL

Serán de obligado cumplimiento todas aquellas disposiciones del ámbito laboral que estén vigentes y sean de aplicación los trabajos contratados.

3.4.5. SEGURIDAD E HIGIENE

Se cuidará por todas las partes el estricto cumplimiento de las prescripciones de seguridad e higiene en el trabajo que sean de aplicación.

3.4.6. FACULTADES DEL DIRECTOR

El Director tendrá autoridad sobre todo el personal del Contratista e incluso podrá dar instrucciones directas a personas distintas del Representante y del Encargado, siempre que sean para evitar un perjuicio a la calidad o la marcha de los trabajos. En este último caso citado, el Director estará obligado a informar lo más pronto posible al Representante o al Encargado de obra de las órdenes dadas.

La línea de autoridad del Director se extenderá no sólo a la obra, sino que deberá tener acceso a todas aquellas dependencias del Contratista y de los Subcontratistas, cuyo control permita asegurar la calidad de la obra. Esta exigencia se extenderá también a aquellos suministradores que se vean afectados por alguno de los controles establecidos en las presentes Prescripciones.

3.5. INSPECCIÓN POR LA DIRECCIÓN

El jefe de Proyecto deberá realizar inspecciones frecuentes a la obra para lo cual el Contratista deberá tener en la obra, como mínimo, de entre los Documentos, los siguientes:

- a) Un ejemplar completo del Proyecto objeto de contratación.
- b) Aquellos documentos gráficos y escritos que hayan sido afectados por los cambios introducidos, de forma que se registren inequívocamente dichas alteraciones.
- c) Avance hasta el día del Programa de los trabajos aceptado en la contratación.

En relación con las visitas de inspección del Director, se tendrán en cuenta las posibles incidencias que se dan a continuación.

- Para la ejecución de todas aquellas operaciones: cimientos, rellenos, pilotaje, etc., cuya terminación impida o dificulte el controlar otras unidades de obra o instalación que queden ocultas, el Contratista deberá avisar con suficiente antelación al Director para que éste pueda efectuar los controles pertinentes.
- Durante la realización de las obras, el Director podrá efectuar, independientemente de lo indicado para la recepción, comprobaciones, mediciones y ensayos para constatar que la calidad y adecuación coinciden con las calidades especificadas en el Proyecto.

A título meramente enunciativo y como más usuales, se indican las siguientes medidas, ensayos, controles y comprobaciones, dentro de las de posible realización:

- a) Comprobación de tierras.
- b) Ensayos de comprobación de firmes.
- c) Comprobaciones mecánicas sobre la posición y verticalidad de los equipos.
- d) Calidad de las diversas conexiones.
- e) Ensayos de las tuberías.

3.6. LAS OBLIGACIONES GENERALES DEL CONTRATISTA

3.6.1. ADECUACIÓN DE LOS MEDIOS

El contratista deberá poder demostrar, en cualquier momento en que sea requerido a ello, que todos los elementos, vehículos, maquinaria, etc. que utiliza

en los trabajos, cumplen con las prescripciones de seguridad y reglamentos que sean exigibles, así como que han sido sometidos a cuantas inspecciones sean preceptivas. Igualmente, las personas que manejan dichos elementos, vehículos, maquinaria, etc., deberán estar en posesión de las autorizaciones necesarias para poder hacer uso de los mismos.

Siempre que no se verifique alguna de las circunstancias expuestas en este apartado, el Director podrá prohibir la utilización o empleo de dichos elementos, vehículos, maquinaria, etc., sin que ello de lugar a ninguna indemnización, ni a modificación del plazo de ejecución.

3.6.2. COORDINACIÓN Y COLABORACIÓN

Si en la obra se encontraran trabajando alguna o varias Empresas adjudicatarias de otros trabajos diferentes a los regulados por las presentes Prescripciones, el Contratista deberá mantener una total coordinación con aquéllas. Con tal fin no sólo llevará a cabo sus trabajos de forma que evite dificultar la marcha de los restantes Contratistas, sino también prestará su colaboración y dará todas las facilidades que sean razonables para la realización de las demás obras, de modo que se eviten interferencias entre los equipos respectivos, debiendo seguir en todo momento las indicaciones que, al respecto, reciba del Director.

3.6.3. MEDIDAS DE URGENCIA

Si durante le ejecución de los trabajos e incluso hasta la terminación del plazo de garantía, sobreviene alguna circunstancia que, a juicio del Director, requiere la adopción de medidas de urgencia para la protección de los ciudadanos, de los propios trabajos o de los elementos o edificios circundantes a las obras, el Contratista deberá adoptarlas inmediatamente a sus expensas. En caso de que ello no le sea posible, el Director podrá tomar las medidas que estime necesarias, siendo los gastos que se originen a cargo del Contratista, a quien se le deducirá su importe de las cantidades que se le adeude o haya de percibir.

3.6.4. CALIDAD DE LOS TRABAJOS

El Contratista deberá ejecutar tanto la obra o instalación como los suministros de los materiales y componentes, el transporte, montaje, conservación y mantenimiento de los mismos, conforme a los Documentos y al Proyecto, referido todo ello a la oferta concreta que le haya sido adjudicada.

La ejecución de los trabajos se ajustará a lo que se considera buena práctica, para lo que el Contratista estará obligado a realizar cuantas obras menores complementarias sean usuales y necesarias.

3.6.5. GARANTÍA DE LAS OBRAS

El Contratista será el responsable de los defectos que puedan observarse durante el desarrollo de las obras o instalaciones, y hasta el momento de su recepción definitiva, tanto en los materiales empleados.

3.6.6. DETECCIÓN DE FALLOS O DEFECTOS EN SERVICIO

Si el Contratista, al realizar sus trabajos, observa la existencia de fallos o defectos ajenos por completo a las obras, en las instalaciones de cualquier servicio público, deberá notificar inmediatamente al Director las deficiencias observadas, a fin de que éste las ponga en conocimiento de los responsables del servicio afectado.

En caso de comprobarse que el Contratista no hubiera facilitado ninguna información al respecto y los fallos citados se detectaran posteriormente, podrían serle éstos imputados, estando obligado a responder de ellos en la forma señalada en el artículo 3.7.

3.7. LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA POR DAÑOS

3.7.1. AL PERSONAL Y PERTENENCIAS DEL CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTAS

El Contratista será el único y total responsable de los daños, situaciones perjudiciales o accidentes que sobrevengan a las personas y bienes, tanto de su propia empresa y de su personal, como de las diferentes empresas que haya subcontratado para la realización de los trabajos.

3.7.2. EN LAS PROPIAS OBRAS

Igualmente el Contratista será el único y total responsable, a efectos de su subsanación y reparación, de los daños en los suministros, obras e instalaciones que puedan ser ocasionados por terceros, no sólo durante la ejecución de los trabajos, sino también durante el período de garantía, incluyendo los producidos por robos, accidentes, etc. Únicamente se le eximirá de esta responsabilidad, cuando los daños hayan sido motivados por causas definidas legalmente como de fuerza mayor.

Con independencia de lo anterior, el Contratista deberá informar a la Corporación de los hechos ocurridos, a fin de que la Administración pueda ayudar a aquél en el esclarecimiento de las circunstancias habidas, a la vez que colabore en el logro de las indemnizaciones que, por lo sucedido, puedan corresponder al Contratista.

3.7.3. A PROPIEDADES DE LA CORPORACIÓN

El Contratista habrá de adoptar todas las medidas necesarias para que no se produzcan daños en propiedades, bienes y equipamientos municipales, incluidos árboles, arbustos, jardines, mobiliario urbano, etc., ni desaparezcan referencias o indicaciones que, con diversas finalidades, estén señaladas o colocadas en la zona en la que se vayan a realizar los trabajos, debiendo notificar, en todo caso, al Director de los peligros que se corran sobre su integridad o conservación.

Si, a pesar de ello, llegara a ocasionarse, bien por el Contratista o por los Subcontratistas, cualquier tipo de daños, éstos serán de la única y total responsabilidad del Contratista, debiendo informar inmediatamente sobre los mismos al Director, quien determinará si la reparación la efectúa la propia Corporación, a costa del Contratista, o si es éste último el que debe proceder a la reparación, dentro del plazo que le sea fijado por el Director.

3.7.4. A TERCEROS

Hasta la recepción definitiva de las obras, el Contratista será el único responsable de los daños que, como consecuencia de los trabajos realizados, se ocasionen a terceros, haciéndose cargo de cuantas reclamaciones pueda sufrir la Corporación, tanto de forma inmediata como por vía judicial, derivadas directa o indirectamente de la ejecución de las obras contratadas, de la falta de mantenimiento durante el período de garantía o de la deficiente calidad de los materiales.

El Contratista hará frente a las indemnizaciones que hubiera que abonar por las causas citadas incluyendo cuantos intereses tuvieran derecho a percibir los damnificados, así como los gastos que se hubieran producido con tal motivo.

4. LAS ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS

4.1. LOS SUMINISTROS

4.1.1. POR PARTE DEL CONTRATISTA

El Contratista, de acuerdo con lo especificado en 2.1 suministrará, salvo indicación en contra expresa en los documentos, todos los materiales que se mencionen en los mismos, así como cualquier otro componente que sea necesario para la correcta terminación de los trabajos.

Si alguno de dichos materiales no responde a las condiciones de calidad exigidas o a otros criterios que puedan afectar a la correcta ejecución de los trabajos, o no se ajustan a las prescripciones y exigencias del presente Proyecto, el Director estará facultado para rechazarlos, aun después de haber sido puestos en obra, y para exigir su inmediata sustitución por otros elementos de características adecuadas.

4.1.2. POR PARTE DE LA CORPORACIÓN

En los casos en que la Corporación deba facilitar algún o algunos tipos de materiales, porque así se haya hecho constar en los Documentos o Contrato, el Contratista deberá retirarlos de los almacenes de la Corporación o lugar en que se encuentren los mismos, mediante el oportuno control, siendo a su cargo todos los gastos que por su carga, transporte y descarga se originen. Igualmente responderá de cuantos daños y accidentes, incluidas pérdidas, robos, etc., puedan sufrir estos materiales, desde el momento en que hayan sido puestos a su disposición.

Si el Contratista hubiera retirado de los almacenes de la Corporación una cantidad de material superior a la que realmente utilice en el transcurso de los trabajos, lo que se podrá comprobar mediante las mediciones pertinentes, deberá reintegrar a dichos almacenes, en el plazo máximo de una semana a partir de la terminación de las obras o instalaciones, el exceso de material sacado de los mismos respecto al utilizado. En caso de que no lo efectúe o que el material devuelto llegue deteriorado se cargará su importe o el daño producido al Contratista, descontándolo de las cantidades que haya de percibir con cargo a la obra ejecutada.

Si en el material suministrado por la Corporación aparecen deficiencias durante el período de garantía, el Contratista únicamente será responsable de ello, en caso de que los defectos surgidos se deban a una mala ejecución de los trabajos o a una defectuosa puesta en obra del material.

4.1.3. TRANSPORTE Y ENTREGA

El transporte de todos los suministros desde origen o almacén, a pie obra, así como las operaciones de carga y descarga de los mismos, serán por cuenta y bajo la total responsabilidad del Contratista, debiendo estar incluidos en su oferta los correspondientes importes.

Igualmente serán a cargo del Contratista todos los daños que puedan sufrir los materiales en las citadas operaciones, pudiendo ser rechazados por el Director si observa que la entrega de los mismos no ha sido realizada en las debidas condiciones o que se ha efectuado de manera que no permita asegurar el correcto funcionamiento posterior de las obras o instalaciones realizadas con estos materiales.

No podrá justificar el Contratista un aplazamiento en el suministro de materiales, alegando la ausencia o avería de sus propios medios de transporte, ya que en caso de no disponer de los mismos en número suficiente y en el momento adecuado, deberá alquilar o subcontratar tal servicio de transporte, si ello resultara necesario.

4.2. RETIRADA DE MATERIALES INNECESARIOS

4.2.1. DESMONTAJE

Todos los materiales innecesarios que existan o pertenezcan a obras o instalaciones antiguas que queden fuera de servicio a partir del funcionamiento de la obra o instalación de este Proyecto, serán cuidadosamente desmontados por el Contratista a sus expensas, siempre que ello sea posible y previsto en el Proyecto una partida económica con esta finalidad.

El Contratista será el único responsable de cuantos daños puedan producirse con motivo de dicho desmontaje en inmuebles, vehículos, peatones,

vías públicas, zonas privadas, etc., debiendo reparar o indemnizar a su costa los desperfectos o daños que hubiera producido.

4.2.2. ENTREGA Y RECEPCIÓN EN ALMACENES DE LA CORPORACIÓN

Salvo indicación en contra, todos los materiales desmontados serán cuidadosamente trasladados por el Contratista en las debidas condiciones, sin falta de deterioro alguno, a los almacenes de la Corporación, siendo aquel responsable de cuantos daños o accidentes, incluidas pérdidas, robos, etc., puedan sufrir los citados materiales, hasta el momento de la entrega.

Una vez efectuada ésta, el Contratista podrá exigir de los empleados de los almacenes de la Corporación un recibo que justifique la entrega de dichos materiales, quedando libre de toda responsabilidad sobre los mismos, a partir del momento en que se extienda el recibo indicado.

4.3. RECEPCIÓN DE LAS OBRAS

4.3.1. PUESTA EN SERVICIO PROVISIONAL

Cuando sea posible, y en caso de que lo juzgue necesario, el Director podrá exigir la puesta en servicio de parte o la totalidad de la obra o instalación sin que ello suponga ninguna clase de aceptación ni, claro está, una recepción provisional de la misma. El Contratista será responsable de todos los defectos y vicios que posteriormente puedan observarse e, incluso, de aquellos que se manifiesten como consecuencia de su puesta en servicio o sean agravados por ella.

El Contratista será responsable de que la obra o instalación puesta en servicio satisfaga las exigencias de los Documentos si, previamente, no ha comunicado al Director los aspectos que no cumple. Si la indicada puesta en servicio obliga a realizar alguna obra complementaria o instalación provisional, el

Contratista será responsable de que cumpla con las exigencias de la normativa incluida en 1.1.5 que le afecte. Asimismo serán de su responsabilidad los trabajos exigidos para impedir que puedan ofrecer peligro las partes de la obra o instalación que no se utilicen o sean accesibles a personas ajenas a la obra.

La duración del servicio provisional y, por tanto, las exigencias establecidas en este Artículo, concluirán una vez que el Contratista comunique al Director que la obra o instalación está totalmente concluida.

4.3.2. PUESTA EN SERVICIO PARA PRUEBAS

Una vez terminada totalmente la obra o instalación el Contratista informará al Director de la conclusión de los trabajos. El Director indicará la fecha en que debe ponerse en servicio la obra o instalación, así como el día en que se realizarán las diversas pruebas y ensayos previos a la recepción provisional.

4.3.3. MEDIDAS Y COMPROBACIONES PREVIAS A LA RECEPCIÓN PROVISIONAL

Antes de la recepción provisional se efectuarán las pruebas y ensayos que se estimen convenientes por parte del Director.

Se efectuarán entre otras las pruebas hidráulicas de los distintos tanques de almacenamiento, de los reactores y de las tuberías que forman parte de la planta piloto. También se realizará la sincronización de los diferentes sensores y válvulas que forman parte de la planta.

Al concluir cada medición o prueba, se redactará un Acta con los resultados obtenidos, que será firmada por el Director y el representante del Contratista. Una vez concluida la última, y dentro de las 48 horas siguientes, el Director indicará al Contratista la fecha de la Recepción Provisional, que se efectuará dentro de los 7 días naturales siguientes al fin del plazo antes señalado,

o en caso contrario, la lista de los trabajos o materiales no aceptables o no completamente concluidos, y que deben ser corregidos.

4.3.4. PUESTA A PUNTO

El Contratista deberá hacer las correcciones que el Director le haya indicado y concluirá las mismas en un plazo no superior al que éste le señale, a partir de la fecha en que se le haya comunicado. A todos los efectos, el tiempo que transcurra desde esta fecha hasta que el Contratista vuelva a informar al Director que la obra o instalación está totalmente concluida, se considerará como retraso no autorizado. Durante este tiempo, será potestativo del Director el mantener la obra o instalación en servicio, o no.

Una vez que el Contratista haya informado que las obras, modificaciones o reparaciones han sido concluidas, se efectuarán las mediciones y pruebas necesarias para efectuar la Recepción provisional.

Si nuevamente se observase que existían en la obra o instalación trabajos o materiales no aceptables, la Corporación podrá encargar a otra empresa su corrección, cuyo coste será descontado de las certificaciones correspondientes.

4.3.5. RECEPCIÓN PROVISIONAL

Antes de firmar el Acta de recepción provisional de la obra o instalación, el Contratista entregará al Director aquellos planos, esquemas, etc., de los Documentos que hayan sido variados, en los que se recojan las modificaciones realizadas. Dada la conformidad por el Director al estado de la obra o instalación, se firmará un Acta en el que se indicará si la obra o instalación se realizó en el plazo previsto o, en su caso, se hará constar el retraso sancionable, calculado de acuerdo con lo especificado en 2.4.4.1..

4.3.6. OBLIGACIONES DURANTE LA GARANTÍA

Hasta que hayan transcurrido 12 meses, o en su caso, el plazo indicado en la oferta aceptada por la Corporación, desde la firma del Acta de Recepción provisional de la obra o instalación, el Contratista deberá conservarla en buen estado y funcionamiento. Para ello habrá de reparar toda avería o desperfecto que se produzca durante este período de tiempo.

El Director fijará el plazo en que debe ser ejecutada la reparación y podrá exigir que se tomen medidas para que la obra o instalación preste servicio, total o parcialmente, de forma provisional. El Contratista podrá subcontratar los trabajos que deberán realizarse durante el período de garantía, en las condiciones establecidas en el Capítulo 2.3.

Si el Contratista no cumpliera alguna de las anteriores exigencias, el Director podrá hacer ejecutar los trabajos correspondientes a otra Empresa, descontando su costo de la certificación, sin que el Contratista tenga derecho a efectuar ninguna reclamación.

4.3.7. MEDIDAS Y COMPROBACIONES PREVIAS A LA RECEPCIÓN DEFINITIVA

Si durante el periodo de garantía la obra o instalación se comporta o funciona de forma normal, una semana antes de que transcurra el plazo de garantía, se efectuarán las pruebas y mediciones establecidas en el punto 5.1.

Al concluir la última medición o prueba, se redactará un Acta con los resultados obtenidos que será firmada por el Director y el Representante del Contratista. Antes de transcurridas cuarenta y ocho horas de la firma del Acta, el Director indicará por escrito la fecha de la recepción definitiva o, en otro caso, le facilitará por escrito la lista de los trabajos o remplazamientos que debe efectuar antes de dicha recepción.

Si durante el periodo de garantía la obra o instalación se comporta o funciona de forma inadecuada y, por tanto, el Director considera que deben efectuarse algunas reparaciones, sustituciones, modificaciones, etc., facilitará al Contratista los trabajos precisos que debe efectuar, y una vez concluidos éstos, se procederá igual que si la obra o instalación hubiese funcionado correctamente.

4.3.8. RECEPCIÓN DEFINITIVA

Una vez que mediante el pertinente informe previo, el Director dé su conformidad al estado de la obra o instalación, éste, conjuntamente con un Representante y el Secretario General de la Corporación, y el Contratista, procederán a efectuar la recepción definitiva de la misma, después de haber comprobado que no hay ninguna reclamación pendiente al Contratista, por parte de la Corporación ni de terceros. Para ello indicará al Contratista la fecha en la que se firmará el Acta de recepción definitiva, que supondrá la aceptación y aprobación total de la obra o instalación.

Al Acta se unirá un escrito del Contratista en el que éste certifique no existe ninguna reclamación pendiente relacionada con la obra o instalación que se recibe.

4.3.9. DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA

Firmada el Acta de recepción definitiva, el Contratista podrá retirar la fianza, efectuando los trámites correspondientes, de acuerdo con lo especificado en los Documentos.

5. CERTIFICACIONES Y LIQUIDACIÓN DE LA OBRA.

5.1. LAS MEDICIONES

5.1.1. REALIZACIÓN

A petición por escrito del Contratista podrán realizarse mediciones parciales al origen, de la parte, o partes, de la obra o instalación que se haya realizado durante un periodo de tiempo no inferior a un mes.

La realización de la medición total de la obra o instalación ejecutada se comenzará dentro de las cuarenta y ocho horas, contadas a partir de la fecha con que se haya firmado el Acta de Recepción Provisional.

5.1.2. ACTUACIÓN DEL CONTRATISTA

Las mediciones serán efectuadas por el personal del Contratista y con sus propios medios, salvo decisión en Contrato del Director, quien supervisará y controlará su realización.

Una vez concluidas las mediciones, en cada caso se redactará un Acta firmada conjuntamente por el Director y el Contratista o su Representante Facultativo, y en ella se indicarán los resultados obtenidos. A este Acta se unirá un plano en el que se indiquen claramente los trabajos, materiales o instalaciones que han sido incluidos en las respectivas mediciones.

5.2. DE LOS CONCEPTOS Y REDACCIÓN DE LOS PRECIOS

5.2.1. CONCEPTO DE LOS PRECIOS

Los precios unitarios establecidos en el Proyecto incluyen no sólo los costos correspondientes a cada uno de los diversos conceptos, sino, además, todos los gastos que ocasionen los suministros y trabajos que con carácter general exija la construcción de la obra o la implantación de la instalación tales como seguros, ensayos previos, mediciones, pruebas en obra, retirada del material sobrante, etc., y, en su caso, los ocasionados por la actuación del Contratista, por ejemplo daños a terceros.

Además incluirán todos los costes empresariales tales como gastos generales, amortización, impuestos, gastos ocasionados durante el plazo de garantía, etc. En resumen, el Contratista no podrá reclamar, por ningún motivo, el pago de otros conceptos distintos de los correspondientes a los precios unitarios establecidos en el Cuadro de Precios del Proyecto, excepto los ocasionados por los imprevistos y modificaciones aprobados por el Director.

5.2.2. PRECIOS CONTRADICTORIOS

Si como consecuencia de las órdenes dadas por el Director, el Contratista efectuase trabajos, partidas alzadas a justificar y/o suministros no previstos en los Documentos, o que, aun estando previstos, hubiesen de realizarse fuera de la jornada laboral, es decir, fuera del horario normal de trabajo o en días festivos, se redactarán los oportunos Precios Contradictorios.

5.2.3. REVISIÓN DE PRECIOS

Para obtener los diversos coeficientes que han de aplicarse a los diferentes precios, se sustituirán en la o las fórmulas polinómicas oficiales que sean de aplicación, los índices oficialmente publicados.

Dejará de tener efecto este derecho reconocido al Contratista en el instante en que agote el plazo de ejecución que figure en el Programa de Trabajo consolidado de acuerdo con lo que se especifica en 3.2, incrementado en las ampliaciones de plazo debidas a interrupciones o retrasos autorizados, contemplados en 3.2.3..

5.2.4. RETENCIONES

Al redactar las certificaciones y para el período que comprenda cada una de ellas, se descontarán las sanciones o penalizaciones a que hubiera lugar, de acuerdo con lo especificado en el Artículo 2.4.4. “*Sanciones*”, y también a los

costos de las actuaciones que se haya visto obligada a realizar la Corporación por sí misma o por medio de otro Contratista, para evitar que por negligencias o faltas cometidas por el Contratista puedan ser afectados terceros o la propia Corporación.

5.3. CONDICIONES DE PAGO

5.3.1. PAGO INICIAL

Al inicio de obras se abonará al Contratista un 5% del presupuesto total.

5.3.2. CERTIFICACIONES A CUENTA

Por aplicación de los precios unitarios correspondientes a cada una de las unidades de obra o instalación, que se incluyan en las mediciones realizadas de acuerdo con lo establecido en 4.2., el Director podrá redactar Certificaciones a cuenta, a petición por escrito del Contratista.

En estas Certificaciones sólo se incluirán aquellos trabajos y/o suministros que correspondan a las unidades de obra especificadas en los Documentos o que hayan sido objeto de un precio contradictorio ya aprobado y que estén totalmente acabadas.

En cada Certificación a cuenta, se deberán descontar las retenciones y penalizaciones a que se haya hecho acreedor el Contratista, de acuerdo con lo especificado en 4.4 4.

En el caso de que haya que efectuar descuentos por dichos conceptos, en la Certificación a cuenta correspondiente no se incluirá, a criterio del Director, más que el 80-90% de los suministros o trabajos realmente realizados.

Estas Certificaciones serán efectuadas, como las mediciones correspondientes, al origen, y siempre a cuenta de la liquidación. Estas Certificaciones supondrán un 80% del presupuesto total.

5.3.3. CERTIFICACIÓN A LA RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez firmada el Acta de Recepción Provisional, cumplimentando lo señalado en 4.3.5., se redactará la Certificación correspondiente a la obra o instalación realmente realizada.

A la entrega de esta Certificación se abonará el resto de la cantidad que quede hasta el 80% contemplado en el apartado anterior. De este importe se descontará el valor de las penalizaciones aplicables al Contratista desde la última Certificación, así como que se hubieren incluido en las Certificaciones a cuenta. El valor resultante será el importe total de esta Certificación.

5.3.4. LIQUIDACIÓN

Una vez efectuada la puesta en marcha, especificada en la Memoria Técnica, y la posterior recepción definitiva de la obra se realizará su Liquidación Total, para lo cual se abonará el restante 15% del Presupuesto Total.

Si la cantidad resultase negativa, la Corporación retendrá su importe de la Fianza depositada por el Contratista.



FACULTAD DE CIENCIAS
Título de Ingeniero Químico



**“DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE
PROCESADO DE RESIDUOS DE COSECHA DE
GIRASOL POR HIDRÓLISIS ÁCIDA”**

**DOCUMENTO N° 4:
PRESUPUESTO**

Ibán Rodríguez Rodríguez

Octubre 2006

ÍNDICE.

DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO.

IV.- PRESUPUESTO.

1. INTRODUCCIÓN	Pág. 1
2. PRESUPUESTOS PARCIALES	Pág. 2
2.1. OBRA CIVIL.....	Pág. 2
2.2. EQUIPOS PRINCIPALES	Pág. 3
2.3. TUBERÍAS	Pág. 4
2.4. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	Pág. 4
2.5. SEGURIDAD.....	Pág. 4
3. PRESUPUESTO TOTAL.....	Pág. 6
4. REQUERIMIENTO Y COSTE DE MANO DE OBRA.....	Pág. 6
5. COSTE DE MATERIAS PRIMAS	Pág. 7
6. TRATAMIENTO DE RESIDUOS.....	Pág. 7
7. REQUERIMIENTOS Y SERVICIOS AUXILIARES	Pág. 8
7.1. CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA	Pág. 8
7.2. REQUERIMIENTO VAPOR DE CALEFACCIÓN	Pág. 8
8. RESUMEN DEL COSTE ANUAL DE OPERACIÓN.....	Pág. 9
9. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	Pág. 9

1.INTRODUCCIÓN

Toda actividad privada con el objetivo de satisfacer una demanda, lleva asociada un incremento económico. En este caso se trata de transformar tallos de girasol (mínimo valor añadido) en azúcares simples (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. En la realización del presente documento no se han tenido en cuenta los gastos adicionales de puesta en marcha, así como tampoco las posibles ayudas o subvenciones que del proyecto se deriven

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 biodiesel 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 de los presupuestos y presentación de las evaluaciones económicas:

- *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 40 ton/día de materia prima por cada jornada de 24 horas, con 252 días productivos al año.
- *Materia prima:* Los precios de la materia prima incluyen costes asociados con su recogida, almacenamiento y transporte.
- Todos los precios mostrados se presentan en euros

2. PRESUPUESTOS PARCIALES.

La inversión inicial estará compuesta por las subinversiones realizadas teniendo en cuenta tanto factores de campo y construcción, como factores instrumentales y técnicos. Con objeto de simplificar, se han agrupado los equipos utilizados según su situación o empleo en las diferentes secciones que forman la planta.

2.1. OBRA CIVIL.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDICIONES	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL (€)
Parcela	m ²	10.000	48,32	483200
Nave principal	m ²	1500	505,3	757950
Vestuarios	m ²	30	425,8	12774
Laboratorio	m ²	30	505,3	15159
Almacén	m ²	225	505,3	113692,5
Unidad contra incendios	m ²	27	220,5	5953,5
Cerramientos	m ²	1789	43,00	76927
Pavimentos	m ²	9.125	13,15	120906,25
Estructura y cimentación	m ²	2.050	26,04	53382
Total obra civil = 1639944,25				

Tabla 1.1. Inversión en Obra Civil.

2.2. EQUIPOS PRINCIPALES.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDICIONES	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL (€)
SILOS	Ud.	20	10.580	211.600
REACTORES	Ud.	8	44.500	356.000
TANQUES T21,T22	Ud.	2	56.000	112.000
TANQUES T23 A T34	Ud.	12	56.000	672.000
MOLINOS	Ud.	2	240.000	480.000
BANDA TRANSPORTAD.	Ud.	1	2.275	2.275

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDICIONES	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL (€)
Bomba B-01 a B-08	Ud.	8	690	5520

Bomba B-09 a B-16	Ud.	8	690	5520
Bomba B-17 a B-24	Ud.	8	975	7800
Total Equipos = 1852715				

Tabla 1.2. Inversión en Equipos.

2.3. TUBERÍAS.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDICIONES	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL (€)
Tubería ac. inox. entre 3/8 y 4"	m	609,6	62,15	37886,64
Total Tuberías = 37886,64				

Tabla 1.3. Inversión en Tuberías.

1.4 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDICIONES	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL
Partida de medidores T, P, Q, pH, nivel, etc	-	-	-	12.684
Partida de válvulas	-	-	-	9.555
Programa software del Autómata	Ud.	1		24.000
Cuadro de control	Ud.	1		10.690
Instalación conexión	-	-	-	5.898
Total instrumentación y control = 62.827				

Tabla 1.4. Inversión en Instrumentación y control.

1.5. SEGURIDAD.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDICIONES	PRECIO UNITARIO	PRESUPUESTO PARCIAL (€)
^(*) Protecciones individuales	Ud.	-	-	518
^(**) Protecciones colectivas	Ud.	-	-	820
Protección eléctrica (antideflagrante)	Ud.	-	-	486
^(***) Equipos extinción de Incendios	Ud.	-	-	2.935
Primeros auxilios: botiquín	Ud.	-	-	120
Instalaciones de higiene y bienestar	Ud.	-	-	319
Total seguridad =				5.198

Tabla 1.5. Inversión en Seguridad.

- ^(*)*Protecciones individuales*: incluye los conceptos de:

- Casco de seguridad homologado Ud. de pantalla para soldador
- Mascarilla y gafas de seguridad Protector auditivo
- Mono de trabajo Impermeable
- Guantes seguridad Botas seguridad
- Batas y delantales

- ^(**)*Protecciones colectivas*: incluye los conceptos de:

- Señalizaciones de riesgo con soporte metálico
- Cordón de balizamiento reflectante
- Barandillas de seguridad en bancadas.

- ^(***)*Equipos de extinción de incendios*: incluye los conceptos de:

- Hidrantes exteriores - Ud. de mangueras de mano
- Instalación de splinkers de techo - Duchas lavaojos
- Sistema de ducha para paredes de tanque
- Grupo de extintores (agua, CO₂, polvo seco)
- Sistema de detección de vapores tóxicos/inflamables con alarma

3. PRESUPUESTO TOTAL.

Una vez se ha realizado el desglose de las distintas subunidades pertenecientes al proyecto, se llevará a cabo la estimación de la inversión inicial, que es uno de los parámetros fundamentales para la discusión de la rentabilidad del proyecto.

SUBUNIDAD	COSTE
Obra Civil	1639944,25
Equipos y tanques almacenamiento (CE)	1852715
Tuberías y aislamientos	37886,64
Instrumentación y control	62827
Sistema eléctrico (= 0,15*CE)	277907,25
Instalación (= 0,3*CE)	555814,5
Seguridad	5198
Presupuesto Parcial (Costes Directos, C.D.) = 4432292,64	
COSTES INDIRECTOS (C.I.)	
Proyecto básico (9% total)	398906,34
Ingeniería de detalle (10% total)	443229,26
IMPREVISTOS (10% total)	443229,26
RETRIBUCIONES CONTRACTUALES (0,05%)	2216,15
Capital Directo a Invertir = C.D. + C.I. = 5719873,65	

Tabla 1.6. Inversión Total.

4. REQUERIMIENTO Y COSTE DE 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 trabajadores por turno es de 3, por lo que, teniendo en cuenta que la jornada se divide en 3 turnos consecutivos, son necesarias 72 horas diarias trabajadas por mano de obra, lo que suponen un total de 18.144 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.

Por último, se contarán con los servicios de un técnico-mecánico para las labores de mantenimiento diarias en la planta.

	Mediciones	Totales (€)
Personal / turno	2 operarios y 1 supervisor	3
Duración turno	1 turno x 8 h/ turno	8
Turnos en jornada	-	3
Horas totales trabajadas / día	Jornada 24 horas	72
Horas totales trabajadas / día	252 días productivos / año	18.144
Salario empleado	9,47 €/h trabajada	171.823,7
Salario mecánico	10,35 €/h trabajada	20.865,6
Salario gerente	13,99 €/h trabajada	28.203,8
	Total	220.893,1

Tabla 1.7. Coste Mano de Obra.

5. COSTE DE MATERIAS PRIMAS

A continuación en cuanto a las materias primas comentar que a los residuos de girasol se les ha asignado un coste igual a 0 € mientras se supone que abasteceremos la planta para 5 días y a partir de entonces se recuperara dicho ácido en cada ciclo.

	Cantidad diaria (m ³)	Cantidad anual (m ³)	Coste unitario	Totales (€)
Materia prima				
Agua	295	74.340	2,016€/m ³	970.200
Ácido sulfúrico	13,99	13,99	5€/kg	149.688
			Total	918.469

Tabla 1.8. Coste Materias Primas.

6. TRATAMIENTO DE RESIDUOS

La masa de residuo que se obtiene diariamente tras llevar a cabo la limpieza del aceite es de 1058,5 kg. Este residuo no se va a tratar en planta, sino que va a ser una empresa ajena la que se ocupe de su gestión. Al ser un residuo valorizable, éste no generará coste alguno salvo su transporte. El coste del transporte de cada Tn de residuo es de 3,33 €/Tm. El gasto anual será de unos 900 €

7. REQUERIMIENTOS Y SERVICIOS AUXILIARES.

Dentro de este apartado se va a incluir los gastos ocasionados por la potencia total instalada

7.1. CONSUMO ENERGÍA ELECTRICA.

En el siguiente cuadro se presentan los consumos eléctricos de los distintos equipos que intervienen. El precio del kw-h para tarifa industrial se encuentra en 0,06€

Equipos	Potencia		Tiempo func. por día (h)	Consumo (kW-h / día)	Coste (€/ año)
	CV	kW			
Bombas					
B-01 a B-08	0,5	0,071	8	0,568	68,70
B-09 a B-16	0,5	0,094	8	0,752	90,96
B-17 a B-24	1	0,511	8	4,088	494,48
Transport. sin fin	2	1,47	8	11,76	177,8
Molinos	50	40,5	3	121,5	3.674,16
				Total	4.506,1 €

Tabla 1.9. Coste Energía Eléctrica.

7.2. REQUERIMIENTO DE VAPOR DE CALEFACCIÓN

En el siguiente cuadro se resume el consumo de vapor para el aporte de calor al proceso. El coste de este servicio asciende a 10,517 €millón Kcal consumidas.

Equipo	Calor a aportar (kcal /h)	Tiempo calefacción (h/día)	Cantidad diaria (kcal*10 ⁻⁶)	Coste (€/ año)
Reactores	830.651	4	3,3226	8.805,8
Total				70.446,7

Tabla 1.10. Coste Vapor de Calefacción.

8. RESUMEN DEL COSTE ANUAL DE OPERACIÓN.

El coste anual de operación se resume en el siguiente cuadro:

Capítulo	Coste (€/ año)
MANO DE OBRA	220.893,1
MATERIAS PRIMAS	918.469
RESIDUOS	900
ELECTRICIDAD	4.506,1
VAPOR	70.446,7
LABORES LABORAT.	3.780
LABORES ALMACÉN	4.536
GASTOS ADMINISTR.	1.512
MANTENIMIENTO	6.300
AMORTIZACIÓN	571.987,37
TOTAL	1.803.330,27

9. ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD.

En primer lugar se analizan los factores de beneficio por ventas de los valores añadidos reportados por la planta de producción.

Producto	Cantidad (Tm / año)	Precio unitario (€/ kg)	Ingresos (€año)
Azúcares simples	2.540,16	0,90	1.270.080

1. CAPITAL DIRECTO A INVERTIR	5.719.873,65
2. COSTE OPERACIÓN ANUAL	1.803.330,27
3. PRODUCTO DE MAYOR INTERÉS	2.540,16 Tm/año
4. PRECIO VENTA PRODUCTO	900 €/Tm
5. INGRESOS POR VENTAS	1.270.080 €año

6. COSTE PRODUCCIÓN (2) / (3)	709,93€Tm
7. GANANCIA BRUTA [(4)-(6)]*(3)	482.813,73 €año
8. IMPUESTOS APLICABLES	
I.V.A. (16%)	77.737,02 €
9. GANANCIA NETA (7)-(8)	405.076,71
10.GANANCIA BRUTA MARGINAL % (7)/(5) * 100	38,01%
11. RETORNO A LA INVERSIÓN % (9)/(1) *100	7,1%

Para mejorar la rentabilidad del proceso hay dos opciones:

1. Cambiar los silos de almacenamiento construidos de acero inoxidable por silos construidos de hormigón lo que disminuiría los costes de la planta.
2. También se puede mejorar la rentabilidad de la planta haciéndola operativa 300 días al año en lugar de 252.



FACULTAD DE **CIENCIAS**
Título de Ingeniero Químico



**“DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO DE
PROCESADO DE RESIDUOS DE COSECHA DE
GIRASOL POR HIDRÓLISIS ÁCIDA”**

**DOCUMENTO N° 5:
PLANOS**

Ibán Rodríguez Rodríguez

Octubre 2006

ÍNDICE.

DOCUMENTO 5: PLANOS.

V.- PLANOS.

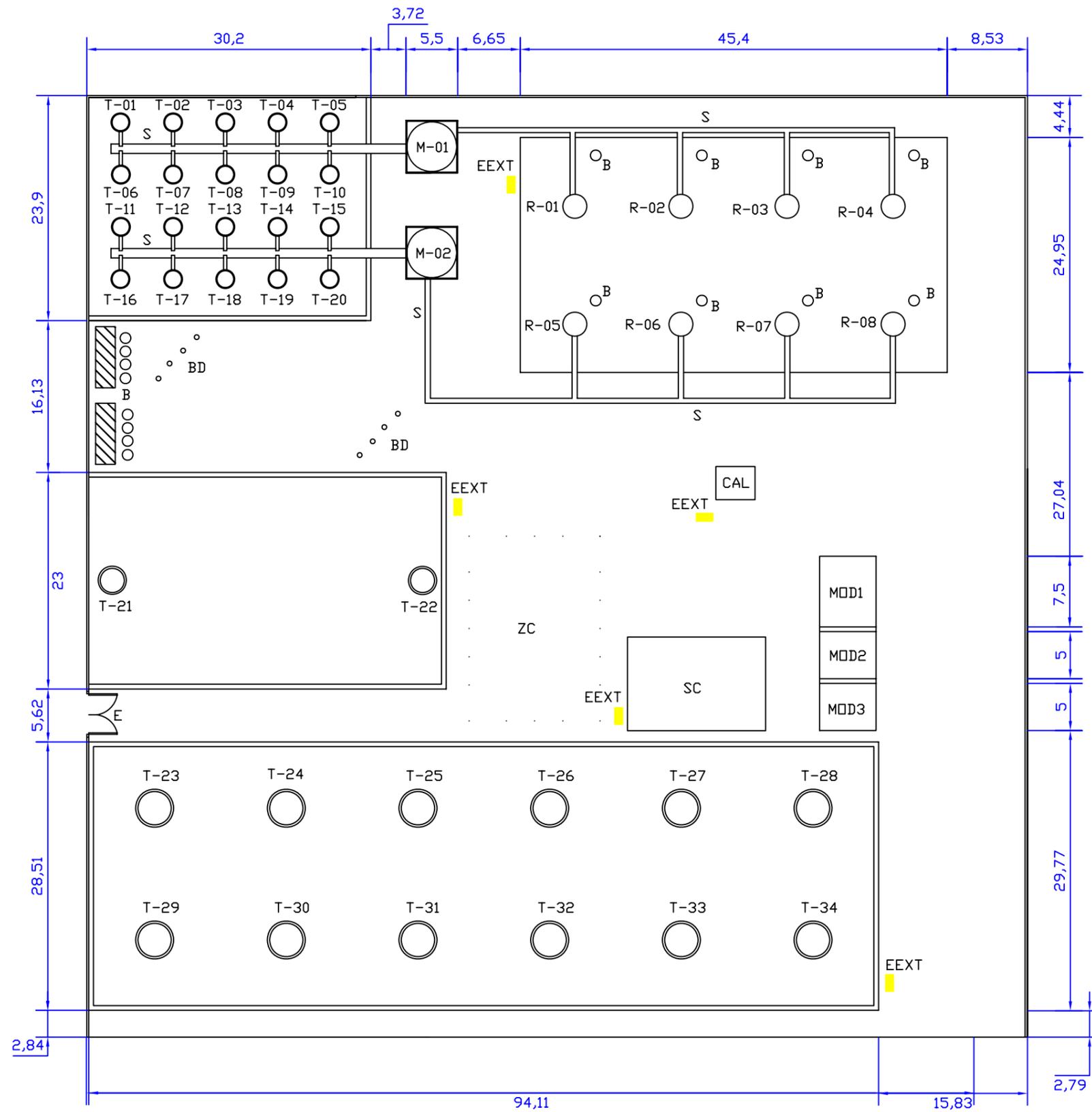
PLANO 01.- PLANO DE IMPLANTACIÓN. EQUIPOS.

PLANO 02.- PLANO DE IMPLANTACIÓN. CORRIENTES DE PROCESO

PLANO 03.- TANQUE ALMACENAMIENTO H₂SO₄(T-21,T-22).

PLANO 01.- REACTOR (R-01 – R-08).

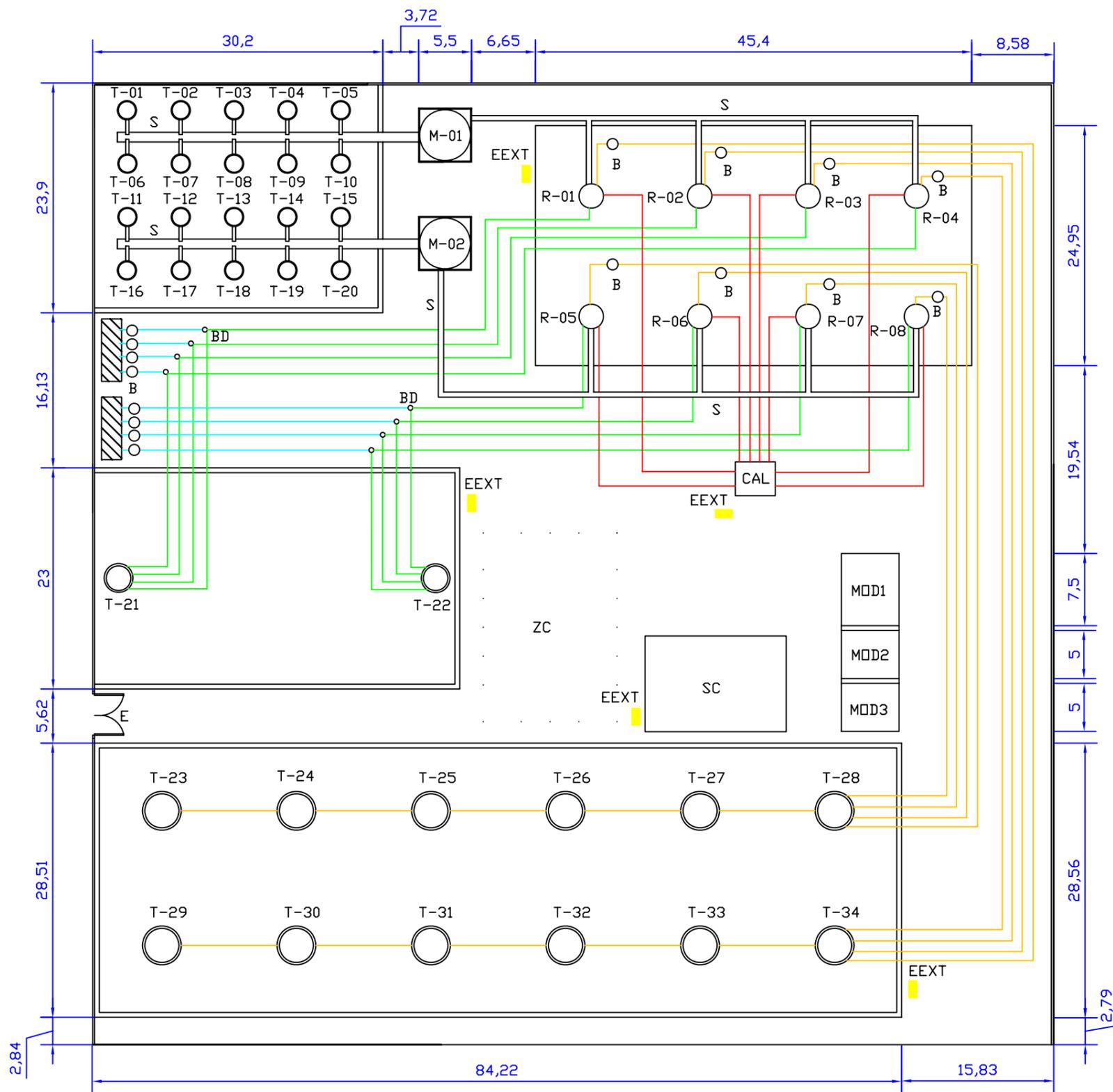
PLANO 01.- TANQUE ALMACENAMIENTO (T-23 – T-35).



LEYENDA

- T-01/T-20: Silos recepción materia prima
- T-21/T-22: Tanques ácido sulfúrico
- T-23/T-34: Tanques almacenamiento
- R-01/R-08: Reactores
- M-01,M-02: Molinos
- B: Bomba
- BD: Bomba Dosificadora
- S: Transportador sinfin
- SC: Sala de control
- CAL: Caldera
- E: Entrada a la planta
- MOD1: Almacén
- MOD2: laboratorio
- MOD3: vestuarios/aseos
- ZC: Zona de carga
- EEXT: eq. extinc. incendios
- E: Entrada a la planta

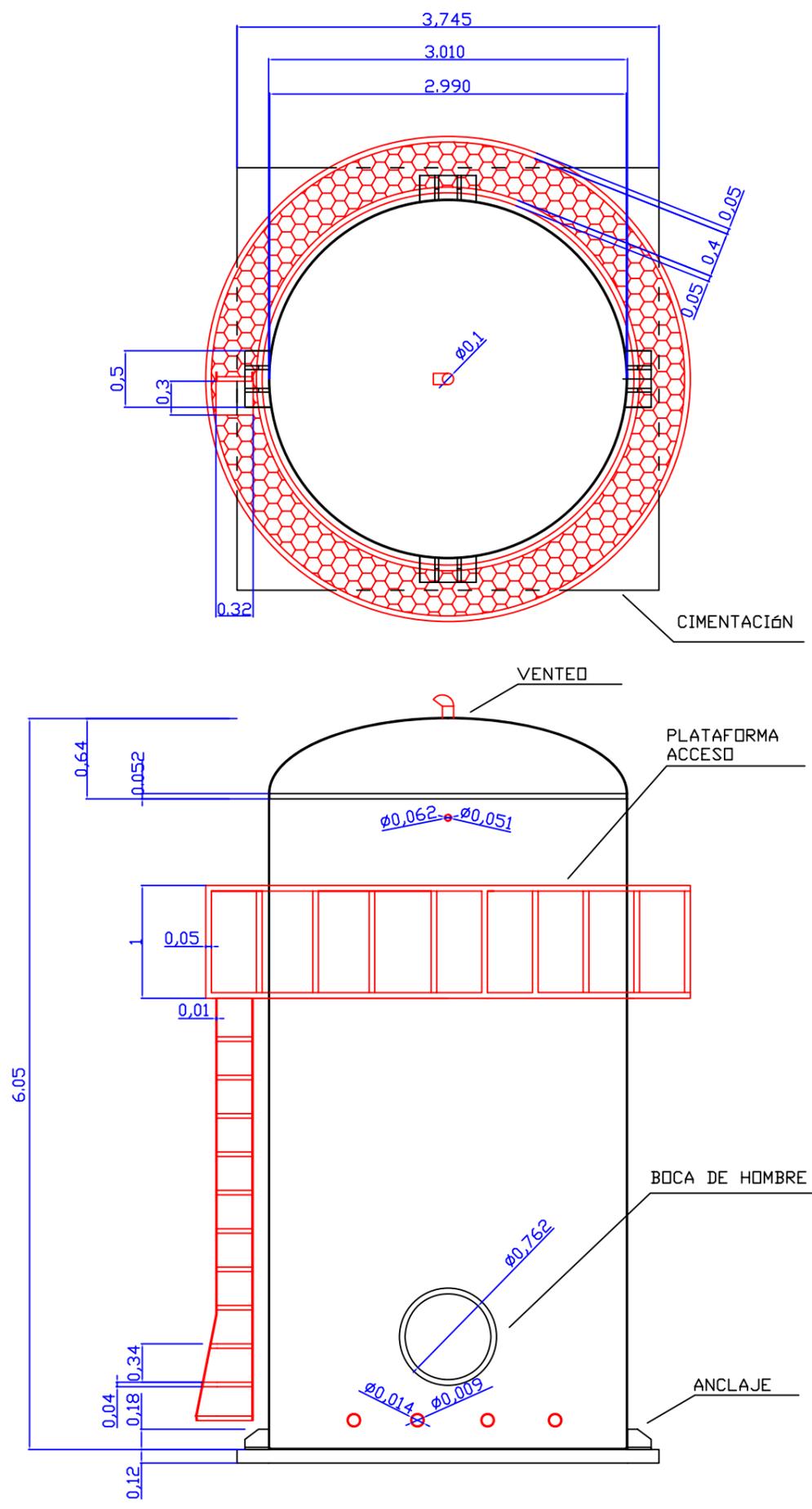
	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Iban Rodríguez Rodríguez		
	DISEÑO PLANTA BIOTANOL		
ESCALA 3:2	PLANO DE IMPLANTACIÓN. EQUIPOS		PLANO Nº 01



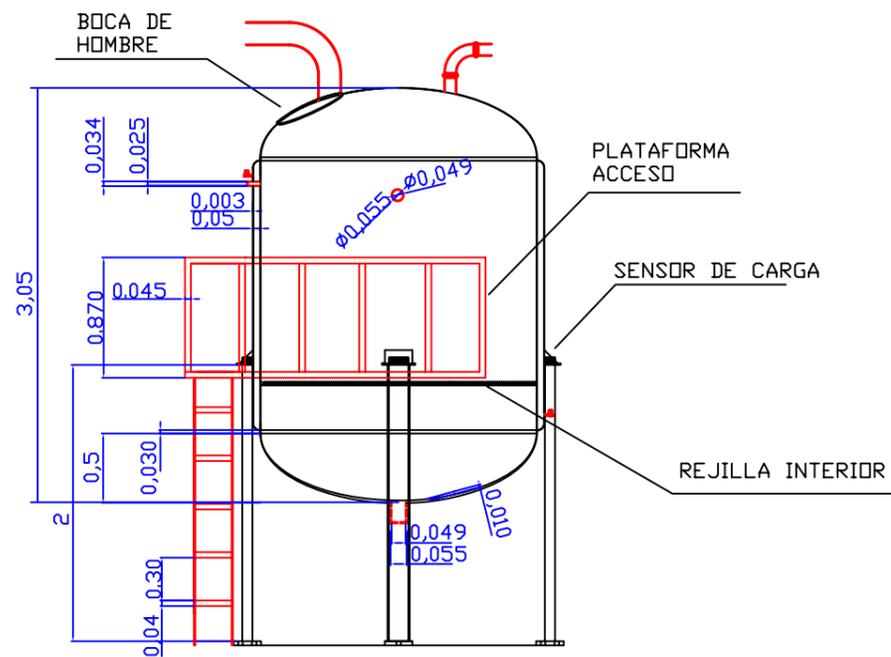
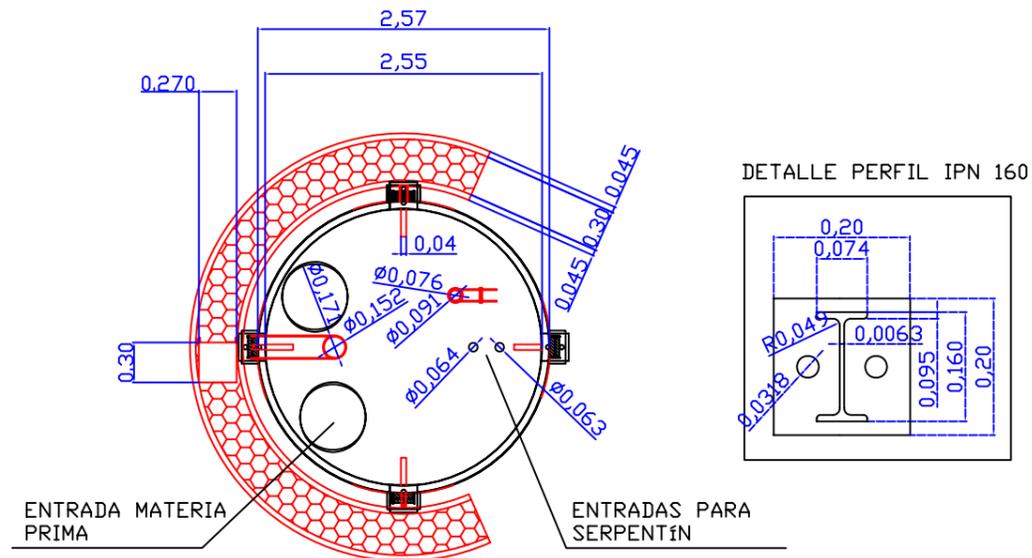
LEYENDA

- Línea de Flujo de Proceso
- Vapor de Calefacción
- Línea de Flujo de Proceso
- Agua de Operación

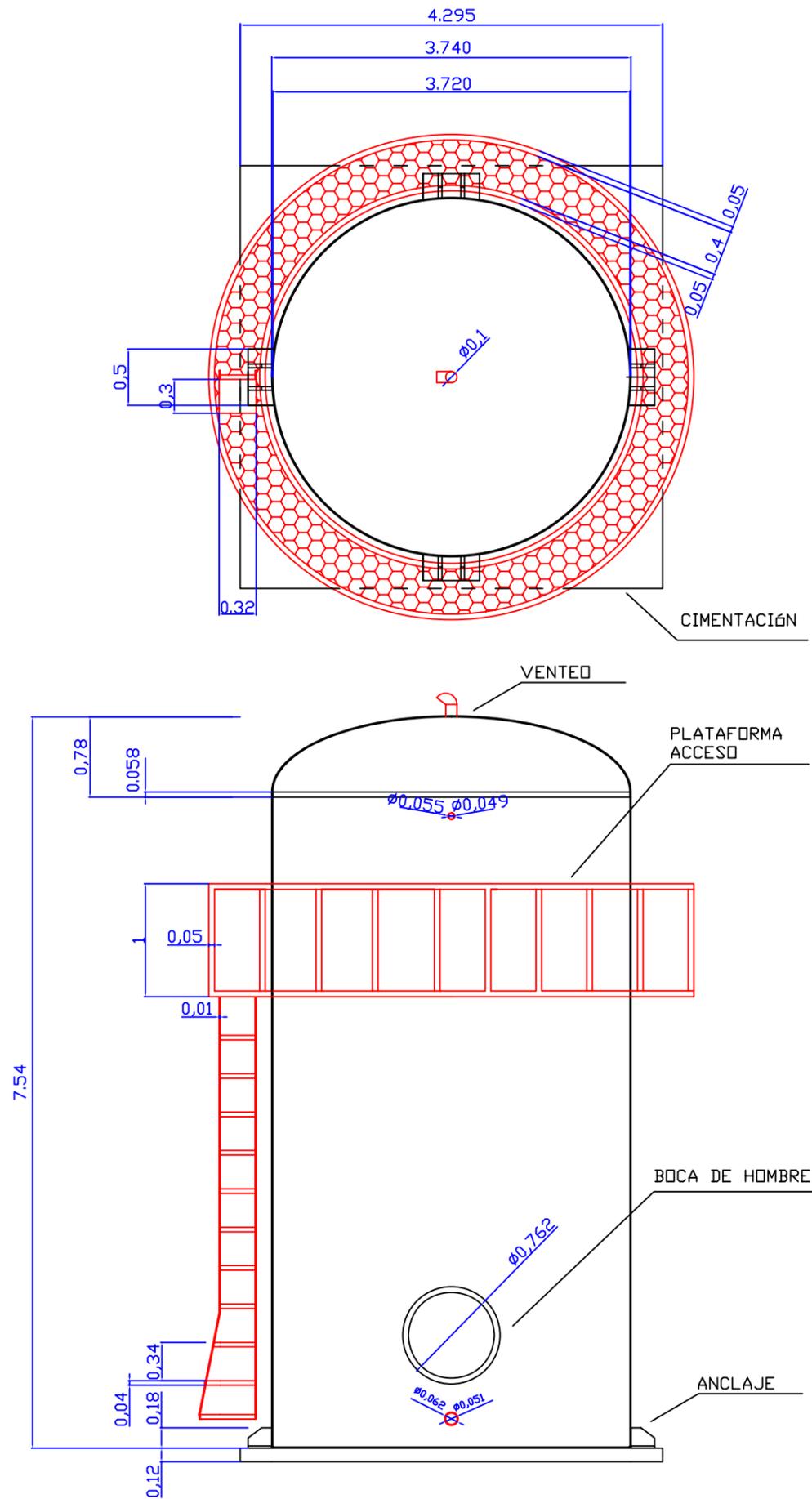
	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Iban Rodríguez Rodríguez		
ESCALA 3:2	PLANO DE IMPLANTACIÓN. CORRIENTES DE PROCESO		PLANO Nº 02



	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Iban Rodríguez Rodríguez		
ESCALA	TANQUE DE ÁCIDO SULFÚRICO T-21,T-22		PLANO Nº 03



	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Iban Rodríguez Rodríguez		
ESCALA	REACTOR R-01/R-08		PLANO Nº 04



	Nombre	Fecha	Universidad de Cádiz Facultad de Ciencias
Dibujado	Iban Rodríguez Rodríguez		
ESCALA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO T-23/T-35		PLANO Nº 05

