

PROYECTO FINAL DE CARRERA
Ingeniería Química Junio 2008



Escola Tècnica Superior d'Enginyeria

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO ADÍPICO



VOLUMEN I

Laura Pérez Durán
Cristina Fernández Alsina
Jose Barrigón de San Marcos
Álvaro Pombo Morán
Paula Fernández González
Leticia Laschuetza Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestros familiares y amigos por la paciencia que han tenido con nosotros, pues estamos todos de acuerdo en que el proyecto nos había vuelto un poco insoportables.

También queremos darnos las gracias entre nosotros mismos por haber tenido la paciencia suficiente para aguantarnos y conseguir trabajar en equipo, pues esto, aunque el proyecto es muy duro, es una de las cosas más difíciles de él.

También queremos agradecer a nuestro tutor de proyecto por su colaboración y sus consejos.

ÍNDICE

- 1.1 Definición del proyecto
 - 1.1.1 Bases del proyecto
 - 1.1.2 Alcance del proyecto.
 - 1.1.3 Localización de la planta.
 - 1.1.3.1 Características del polígono industrial.
 - 1.1.3.2 Características de la zona de ubicación.
 - 1.1.4 Abreviaturas.

- 1.2 Descripción del proceso de producción.
 - 1.2.1 Métodos de obtención de ácido adípico.
 - 1.2.1.1 Oxidación directa del ciclohexano.
 - 1.2.1.2 Oxidación en dos pasos.
 - 1.2.1.2 Procesos alternativos para la producción de ácido atípico.
 - 1.2.2 Descripción general del proceso

- 1.3 Constitución de la planta
 - 1.3.1 Descripción por zonas
 - 1.3.1.1 Zona 100: zona de almacenamiento
 - 1.3.1.2 Zona 200: zona de reacción
 - 1.3.1.3 Zona 300: zona de tratamiento de gases.
 - 1.3.1.4 Zona 400: zona de recuperación de subproductos y regeneración de catalizador.
 - 1.3.1.5 Zona 500: zona de tratamiento de subproductos.
 - 1.3.1.6 Zona 600: zona de obtención de producto.
 - 1.3.1.7 Zona 700: zona de purificación y almacenamiento de producto.
 - 1.3.2 Plantilla de trabajadores

1.4 Especificaciones y necesidades de servicios

- 1.4.1 Agua potable
- 1.4.2 Agua contra incendios
- 1.4.3 Equipo de frío
- 1.4.4 Agua descalcificada
- 1.4.5 Vapor de agua
- 1.4.6 Aire comprimido
- 1.4.7 Nitrógeno
- 1.4.8 Electricidad

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1. Definición del proyecto

1.1.1. Bases del proyecto

El objetivo de este proyecto es el diseño y estudio de una planta en continuo para la producción de 60000 Tn/año de ácido adípico a partir de la oxidación del ciclohexanol con ácido nítrico.

Este proyecto debe incluir la construcción, el diseño de los equipos, el montaje, la puesta en marcha de la planta y la operación de ésta en estado estacionario.

Tabla 1.1. *Condiciones.*

CAPACIDAD	60000 Tn/año de ácido adípico
CALIDAD	99%
FUNCIONAMIENTO	330 días/año de producción
PRESENTACIÓN	Big bags, sacos y a granel

1.1.2. Alcance del proyecto

En el proyecto se incluyen:

- Diseño y especificación de todos los equipos involucrados en el proceso.
- Diseño de todo el sistema de control necesario para que la planta funcione correctamente.
- Diseño del sistema de seguridad necesario para la planta.
- Cumplimiento de todas las normativas legales vigentes.
- Evaluación económica de la planta.

1.1.3. Localización de la planta

1.1.3.1. Características del polígono industrial

La planta estará ubicada en un terreno ficticio perteneciente al Polígono Industrial 'NYLON-66' en Zona Franca del Puerto de Barcelona. La parcela dispone de una superficie de 53235m².

La planta deberá cumplir la normativa urbanística del municipio en lo referente a retranqueos, a viales y a vecinos, altura máxima de los edificios, ocupación de la parcela y edificabilidad.

Tabla 1.2. Parámetros de edificación del polígono industrial NYLON-66

EDIFICABILIDAD	1.5m ² techo/m ² suelo
OCUPACIÓN MÁXIMA DE PARCELA	75%
OCUPACIÓN MÍNIMA DE PARCELA	20% superficie de ocupación máxima
RETRANQUEOS A VIALES Y VECINOS	5m
ALTURA MÁXIMA	16m y 3 plantas (excepto en producción, justificando la necesidad para el proceso)
ALTURA MÍNIMA	4m y 1 planta
APARCAMIENTOS	1 plaza/150m ² construidos
DISTANCIA ENTRE EDIFICIOS	1/3 edificio más alto con un mínimo de 5m

1.1.3.2. Características de la zona de ubicación

La comunicación y la accesibilidad de la planta son muy importantes, principalmente para la llegada de las materias primas necesarias, así como para la salida del producto acabado de la planta.

La ubicación de la planta en Zona Franca presenta la siguiente serie de ventajas:

- Excelentes comunicaciones (terrestres y marítimas).
- Proximidad al Puerto de Barcelona y al Aeropuerto del Prat.
- Proximidad de posibles compradores del producto acabado.
- Posibilidad de compartir servicios con otras empresas del sector ubicadas en el mismo polígono.

- La planta no provoca ningún impacto ambiental destacable.
- La planta genera puestos de trabajo.

1.1.3.2.1. Estudio de las redes de comunicación

1.1.3.2.1.1. Redes de carreteras

Barcelona empieza a partir de importantes cambios en infraestructuras a partir de la elección de la ciudad como sede de los Juegos Olímpicos de 1992. Esto repercute directamente en la mejora y ampliación de la red de carreteras de la ciudad y los alrededores.

Actualmente Barcelona dispone de una red de comunicaciones por carretera amplia, estructurada y moderna que permite una rápida y cómoda movilidad hacia y desde cualquier lugar de la comunidad o el país.

En el mapa siguiente se observan las autovías y autopistas en el entorno:



Fig.1.1. Mapa de carreteras que acceden a Barcelona.

A continuación se presenta una relación de la red de carreteras del entorno de Barcelona:

- Autovías y autopistas en el entorno urbano.
 - B-10 Ronda Litoral de Barcelona
 - B-20 Ronda Norte de Barcelona
 - B-22 Acceso al Aeropuerto del Prat
 - B-23 Acceso a Barcelona Centro
 - B-24 Acceso a Barcelona desde Vallirana
- Autovías y autopistas interurbanas.
 - A-2 Fraga- Barcelona
 - A-7 Barcelona- Algeciras
- Autopistas de peaje.
 - AP-2 Zaragoza-El Vendrell y El Papiol-Molins
 - AP-7 La Junquera-Puzol

1.1.3.2.1.2. Aeropuerto

Barcelona dispone de un aeropuerto internacional situado en el municipio del Prat de Llobregat, a 25-30 minutos de la Ciudad Condal, a 3 kilómetros del Puerto de Barcelona y muy próximo a Zona Franca. Tal proximidad supone una gran ventaja para la planta, ya que permite una fácil y rápida movilidad de personas, maquinaria y productos.

Hay distintas vías de transporte para llegar al aeropuerto desde Barcelona; se puede llegar con tren, con autobús o por carretera en coche.

1.1.3.2.1.3. Red ferroviaria

Existe de una red de comunicaciones de RENFE de líneas de corto, medio y largo alcance, así como del AVE.

También se dispone de las infraestructuras de los Ferrocarriles de la Generalitat, que enlazan Barcelona con otras provincias de Cataluña.

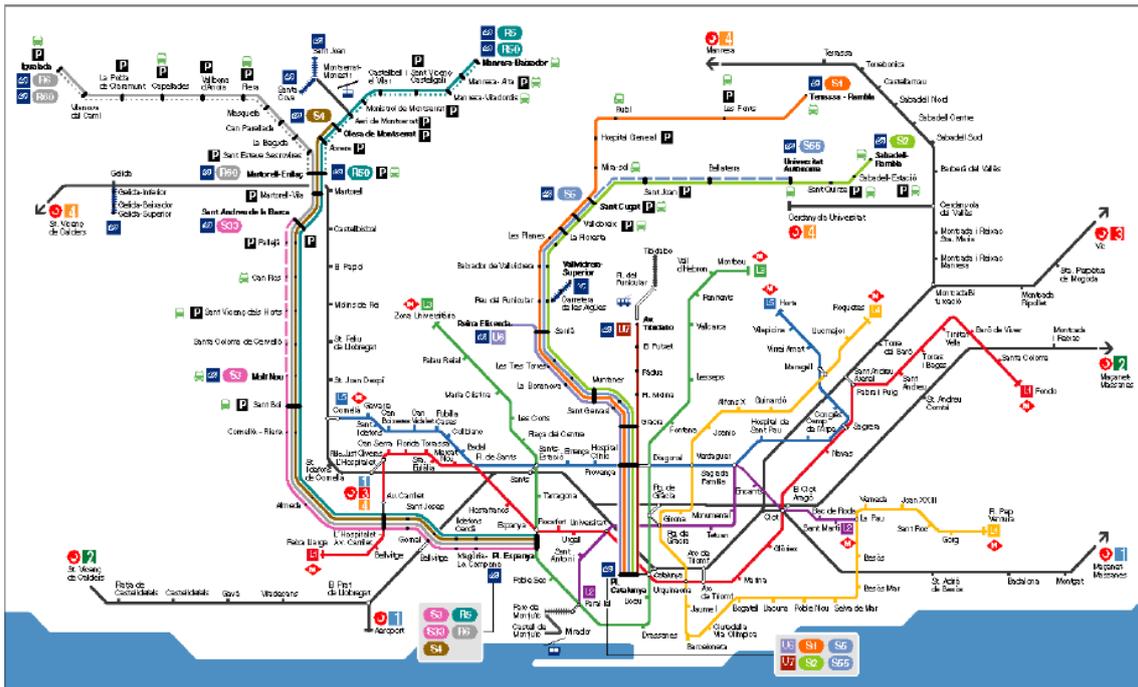


Fig.1.2.Red de Ferrocarriles de la Generalitat

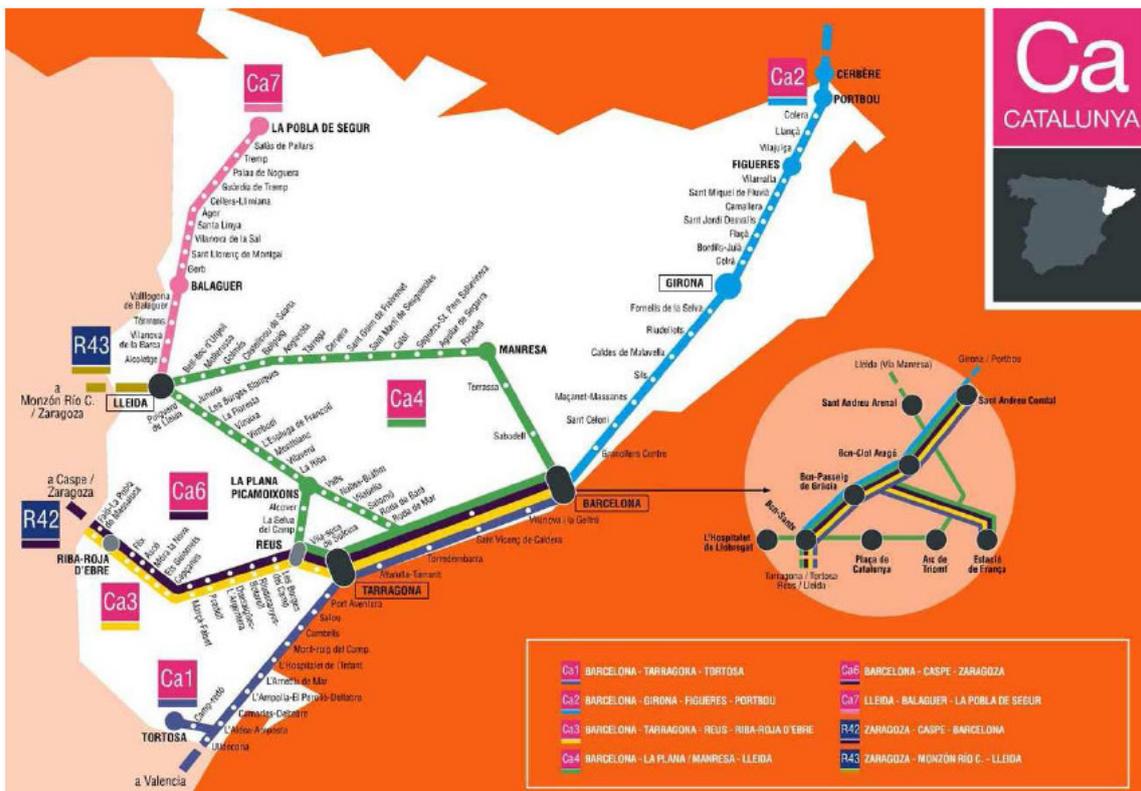


Fig. 1.3. Red de RENFE en Cataluña

1.1.3.2.1.4. Puerto

Se puede considerar también la disponibilidad del Puerto de Barcelona, muy próximo a la Zona Franca. El Puerto facilita el enlace de Barcelona con el sur de Francia, otros puertos de la Península y el resto del mundo. Se considera una vía útil de comunicación.



Fig.1.4.Ubicación del Puerto de Barcelona

1.1.3.2.2. Características climatológicas

Para conocer la climatología de la zona, se presentan los datos climatológicos. Estos datos han estado proporcionados por Darrera, S.A. y corresponde al Observatorio del Parque de Collserola:

Tabla 1.3. Datos climatológicos de Barcelona en el año 2005.

Mes	Temperatura (°C)			Humedad (%)			Presión (hPa)			Vviento (m/s)		Precip. (mm)
	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media	Máxima	Media	
Enero	-5,3	18,9	5,7	14	96	66	1002,4	1035,2	1021	17	1,4	1
Febrero	-4,3	16,7	5,2	17	95	68	997,6	1033,5	1013,4	15,2	1,3	38,4
Marzo	-3,3	20,2	8,6	14	97	75	1001	1029,6	1013,8	13,4	1	18,4
Abril	1,8	25,4	12,2	13	95	68	997,2	1025,9	1011,2	14,7	1,4	9,8
Mayo	8,8	27,1	16,6	20	95	67	1001,7	1020,6	1012,7	13	1,2	34,2
Junio	11,6	33,5	21,5	17	95	67	1002,8	1020,4	1012,9	12,1	1,2	4,8
Julio	15,1	31,6	22,8	23	94	70	1003,8	1020,9	1011,7	13	1,4	8,6
Agosto	12,3	29,1	21,2	25	95	73	1002,9	1018,4	1012,4	11,2	1,1	51,4
Septiembre	9,2	30,3	18,7	27	95	77	1002	1021,9	1013,2	12,1	0,8	123
Octubre	8,9	23,8	16,4	29	96	84	1005,6	1019,8	1014,4	10,7	0,7	92,2
Noviembre	1,4	22	10,4	28	96	77	991,6	1026,9	1012,7	13,4	1	90,6
Diciembre	-2,8	15,2	5,3	24	95	73	996,8	1028,8	1014,9	14,7	1,3	4,4

Tabla 1.4. Datos climatológicos de Barcelona en el año 2006.

Mes	Temperatura (°C)			Humedad (%)			Presión (hPa)			Vviento (m/s)		Precip. (mm)
	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media	Máxima	Media	
Enero	-0,8	16,7	6,2	37	96	83	1002	1027,4	1016,4	12,5	0,8	123
Febrero	-0,2	17,2	7,1	30	95	73	996,1	1022,7	1010,5	20,6	1,3	12,2
Marzo	0,6	23,2	10,9	14	96	71	990,6	1021	1009,2	19,7	1,6	22,4
Abril	4,5	24,1	13,4	25	95	72	999,3	1019,6	1010,8	11,2	1	11,4
Mayo	8,6	29,6	17,1	22	95	67	1003	1022,8	1013,6	12,1	1,3	4,4
Junio	8,9	30,3	20,2	26	93	67	1005,7	1020,4	1013,5	13,9	1,2	2,8
Julio	17,7	33,6	24,8	26	93	63	1005,7	1018,1	1012,9	13,9	1,3	2,2
Agosto	14,1	29,8	21,3	29	96	73	999,5	1020,3	1010	13	1,4	53,6
Septiembre	11,9	29,9	19,9	35	95	80	999,3	1020,8	1010,9	16,1	0,9	161,4
Octubre	10,6	28,6	17,7	35	96	80	998,1	1024,1	1011,4	14,3	0,9	38,6
Noviembre	6,6	20,3	13,2	27	96	77	1001,1	1027,5	1016,5	13,4	0,8	4
Diciembre	-0,1	19,8	8,2	25	95	74	999,3	1032,4	1021	15,2	0,9	32,4

1.1.3.2.3. Características geológicas

Con el fin de evaluar el terreno se propone la elaboración de un estudio geotécnico por parte de una empresa externa.

De este modo se comprueba que la zona de ubicación de la planta no es una zona sísmica activa, tal y como se muestra en el siguiente mapa sísmico de Cataluña.

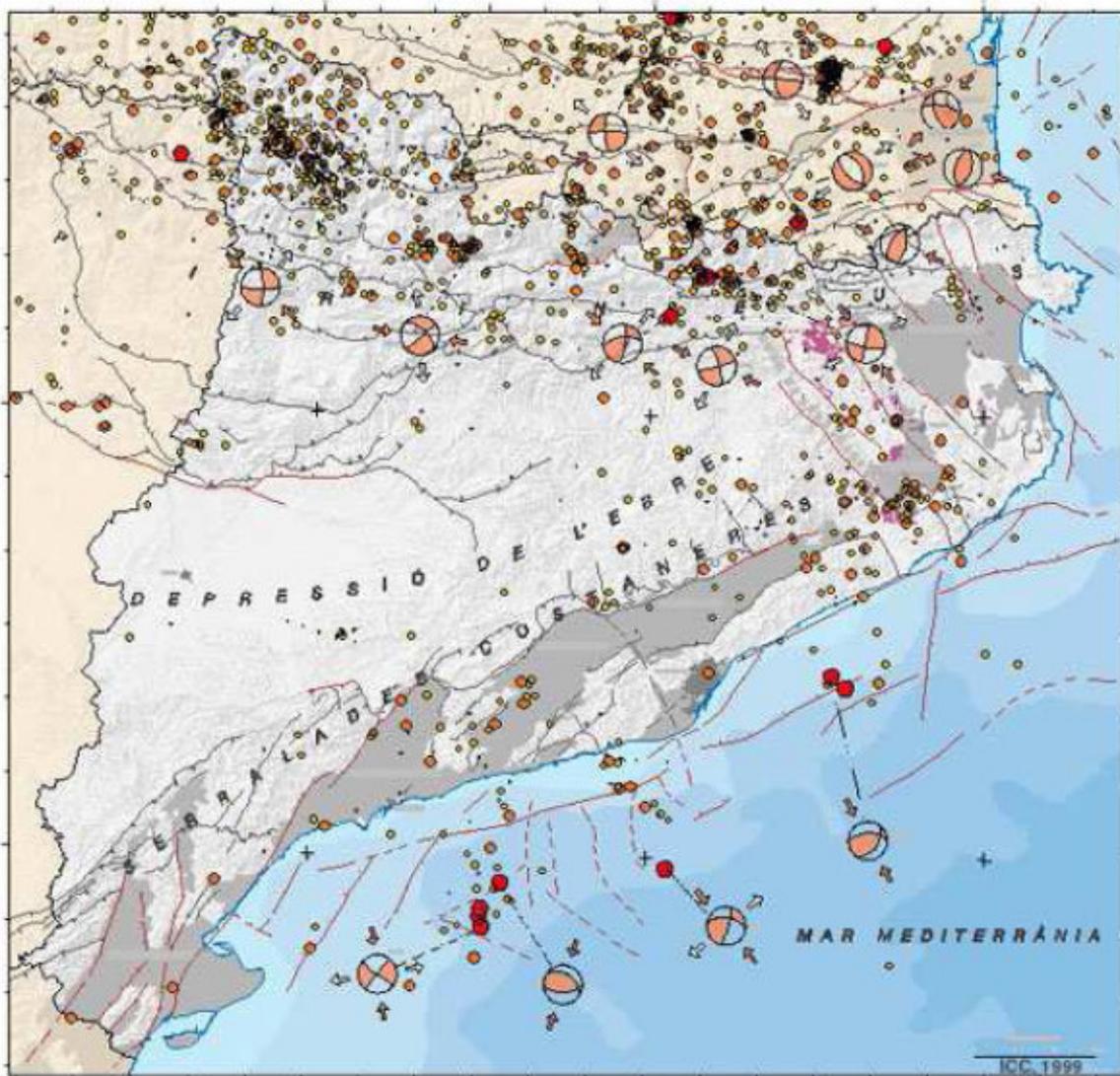


Fig.1.5. Mapa sísmico de Cataluña

Los epicentros de actividad sísmológica son representados mediante círculos. La intensidad de actividad sísmológica está representada por colores.

La equivalencia de los colores con la intensidad sísmica es la siguiente:

- Color amarillo: intensidad baja (menor de 2).
- Color rojo: intensidad alta (superior a 5).

1.1.4. Abreviaturas

Las abreviaturas utilizadas en la memoria del proyecto, referidas a sustancias y a equipos de proceso, aparecen resumidas en las siguientes tablas

Tabla 1.5. Abreviaturas de equipos

Letra	Tipo de equipo
TK	Tanque
P	Bomba
R	Reactor
IC	Intercambiador
CN	Condensador
CD	Columna destilación
E	Evaporador
RE	Reboiler
TS	Torre stripping
TA	Torre absorción
CR	Cristalizador
S	Secador
EF	Enfriador
SI	Silos
RS	Resina

Tabla1.6.Abreviaturas de sustancias

Código	Fluido
AR	agua de red
AIR	Aire
N	Nitrógeno
AEF	agua del equipo de frío o agua descalcificada
AN	ácido nítrico
CY	Ciclohexanol
LPR	líquido de proceso
VPR	gas de proceso
WV	vapor de agua
WVC	vapor de agua condensado
ANR	ácido nítrico recuperado
CAT	Catalizador
GAS	gases a tratar
GLIM	gases limpios
AA	ácido adípico
AS	ácido succínico
AG	ácido glutárico

1.2. Descripción del proceso de producción

1.2.1. Métodos de obtención del ácido adípico

1.2.1.1. Oxidación directa del ciclohexano.

1.2.1.1.1. Oxidación directa con aire.

Este proceso fue desarrollado alrededor del año 1940. De acuerdo con el proceso original de la compañía *DuPont* el ciclohexano se oxida con aire, en fase líquida, utilizando ácido acético como disolvente y cobalto como catalizador de la oxidación. Las temperaturas empleadas son del orden de los 70 a 100°C y los tiempos de residencia varían entre 2 y 6 horas. La selectividad es del 70 al 75%. Este proceso ya está obsoleto y no se encuentra implantado a nivel industrial.

1.2.1.1.2. L.O.R. (Liquid Oxidation Reactor)

Este proceso emplea la inyección de oxígeno en un tanque de reacción agitado a través de un tubo vertical en el centro del reactor. El uso de oxígeno como sustituto del aire presenta varias ventajas en este tipo de procesos: mayor selectividad, velocidades de reacción más elevadas y condiciones de presión más bajas. Todo esto en conjunto reduce significativamente los costes de producción.

Este proceso, al igual que el anterior, se desarrolla en un único paso e implica la oxidación de ciclohexano utilizando un catalizador modificado de cobalto que puede ser reciclado. Este proceso es considerablemente ecológico ya que excluye el uso de ácido nítrico y la formación de óxido nitroso.

Esta alternativa está siendo desarrollada por un consorcio entre el *Indian Institute of Petroleum (IIP)*, la *ABB Lummus Crest* y la *Adarsh Chemichals*. Aún está en fase de estudio y solamente existen instalaciones semi-comerciales.

1.2.1.2. Oxidación en dos pasos.

1.2.1.2.1. Reacción vía fenol.

Es posible hidrogenar el fenol en fase gaseosa para formar ciclohexanol o ciclohexanona dependiendo del tipo de catalizador (níquel, cobre o óxido de cromo) y de las condiciones utilizadas. Para la producción de ácido adípico es preferible obtener ciclohexanol como producto de partida. Se utilizan temperaturas de entre 140 y 170°C y presión atmosférica.

El uso de soportes de alúmina o sílice para el catalizador proporciona mejores resultados (en la bibliografía se indican rendimientos del 98%). La hidrogenación de fenol en fase líquida, cuando se usa paladio en un soporte de carbón, permite obtener rendimientos superiores al 99% en ciclohexanona, con una conversión del 80%. Ajustando el catalizador y las condiciones de trabajo se obtiene la mezcla de ciclohexanol y ciclohexanona (generalmente denominada mezcla KA-oil) deseada para la operación industrial.

La segunda parte del proceso consiste en oxidar la mezcla KA a ácido adípico mediante una oxidación con aire o con ácido nítrico.

1.2.1.2.2. Reacción vía ciclohexano.

En principio suele ser preferible el ciclohexano como materia prima fundamentalmente debido a los menores costes que ocasiona.

A. Primera etapa: oxidación de ciclohexano a ciclohexanol y ciclohexanona.

Esta primera oxidación se puede llevar a cabo de tres maneras distintas:

A.1. Proceso Convencional: en disolución catalizada por una sal soluble de cobalto.

A.2. En disolución catalizada por ácido bórico.

A.3. *High Peroxide Process H.P.P.*: se promueve la formación de ciclohexilhidroperóxido que posteriormente es descompuesto en condiciones controladas para formar la mezcla KA.

A.1. Proceso Convencional

Este proceso comenzó a ser desarrollado en los años 40. Típicamente, la práctica comercial implica el uso de aire a 150-160 °C y aproximadamente 8-10 atm, con una concentración de catalizador del orden de 0,3-3 ppm. Las reacciones se realizan en autoclaves (proceso discontinuo) o en torres de oxidación (proceso continuo).

Debido a que los intermedios del proceso (hidrohexilhidroperóxido: CHHP) y los productos de reacción (KA-oil) se oxidan de manera más rápida que el propio ciclohexano, el grado de conversión es bajo, generalmente inferior al 10%, para así maximizar el rendimiento y la selectividad del proceso. Normalmente se obtienen valores de conversión entre el 4% y el 6% y se emplean varias etapas para minimizar una oxidación excesiva de la mezcla producida. En estas condiciones se encuentra en la bibliografía valores de selectividad para la mezcla KA del orden del 75-80%, con una fracción alcohol/cetona de 2:1.

El nivel de conversión se selecciona llevando a cabo un balance económico teniendo fundamentalmente en cuenta el precio del ciclohexano que se va a convertir frente al coste energético implicado en la recuperación de y recirculación del ciclohexano que no reacciona. Si el coste del ciclohexano fuera bajo se utilizarían conversiones entre el 6 y el 9%, alcanzándose un rendimiento en KA-oil del 60-70%. Si el precio del ciclohexano y de la energía aumentasen se tendería a aumentar el rendimiento (hasta valores próximos al 80%) y bajando la conversión a un nivel en torno al 4%.

Como se comentó con anterioridad, la oxidación se efectúa generalmente en varios pasos empleando una asociación de reactores en serie o una columna de contacto por etapas. En ambos casos, la baja conversión de ciclohexano por paso hace necesaria la retirada de grandes cantidades de sustancia no convertida del efluente de la fase de oxidación mediante destilación, para su posterior recirculación al primer reactor.

En algunos procesos los productos de reacción se ponen en contacto con sosa cáustica, antes o después de la separación de ciclohexano, para hidrolizar los esterres de ciclohexanol y mejorar la calidad del KA-oil. Una vez que el ciclohexano es retirado, el producto de esta primera etapa oxidación con aire ya puede ser enviado a la segunda etapa de oxidación con ácido nítrico, aunque es habitual realizar alguna etapa de purificación adicional. La separación de los productos indeseables en la mezcla anol-anona suele realizarse en una columna de destilación azeotrópica con vapor o por destilación a vacío.

A.2.Oxidación promovida por el Boro

En 1950 la compañía *Halcon Internacional* desarrolló un proceso en el cual el ácido metabórico anhidro era adicionado como una pasta al primer tanque de oxidación. El ácido bórico parcialmente deshidratado (HOBO) reacciona con el ciclohexano para formar el ciclohexilborato y proteger así el grupo ciclohexil de oxidaciones posteriores. A continuación el éster de borato es hidrolizado liberando ciclohexanol y ácido bórico, que es recuperado por cristalización y centrifugación, debiendo ser deshidratado para su reutilización.

Con esta modificación se lograron rendimientos en ciclohexanol de aproximadamente el 85% y conversiones del 12%. Como inconveniente debe mencionarse la necesidad de incrementar la inversión para el procedimiento de reciclaje de ácido bórico.

Otras consideraciones a tener en cuenta son los costes energéticos asociados a este reciclaje y al mantenimiento de una concentración de agua suficientemente baja en el sistema de oxidación.

A.3.Oxidación por el H.P.P.

Este proceso alternativo tiene lugar en dos pasos. En el primero la concentración del intermedio ciclohexilhidroperóxido es maximizada usando un reactor de acero pasivado, en ausencia de catalizador. Si se limita la conversión a valores inferiores al 5%, la proporción relativa de ciclohexilhidroperóxido en el producto final puede alcanzar órdenes del 40-60%. A continuación en el segundo paso se lleva a cabo la descomposición de los peróxidos en condiciones controladas. Estos peróxidos se descomponen a temperaturas que oscilan entre 80 y 165 °C, en presencia de catalizadores de cobalto, cromo, vanadio, cobre o molibdeno. En la bibliografía se encuentran selectividades en torno al 84%.

B. Segunda etapa: oxidación de la mezcla anol-anona (KA-oil) a Ácido adípico

De nuevo es posible realizar esta etapa de distintas maneras y conseguir la oxidación final de las sustancias formadas en la primera etapa a ácido adípico.

B.1.Oxidación de KA-Oil con aire

Previamente a este proceso (primera etapa) el ciclohexano es oxidado, con una conversión del 8-10%, utilizando aire en presencia de un catalizador de cobalto, a 25 bar y 120-130°C. El ciclohexano que no reacciona se destila y recircula. A continuación (segunda etapa) se oxida el KA-oil formado en una disolución de ácido acético, en presencia de un catalizador de cobre y manganeso durante seis horas, a 80-85°C y 7 bar. Se obtiene un rendimiento en ácido adípico del 80%.

Este proceso fue testado por la *Halcon International* pero los resultados no fueron satisfactorios y el proceso fue desechado.

B.2.Oxidación de KA-oil con ácido nítrico

Prácticamente toda la producción mundial de ácido adípico se realiza por oxidación en fase líquida de ciclohexano (proceso convencional) y la posterior oxidación del KA-oil con ácido nítrico.

Las condiciones típicas de reacción para este segundo paso son: HNO_3 al 40-60%, temperaturas en el intervalo 60-115° C y presiones entre 1 y 4 atm. La concentración del catalizador normalmente utilizado, de cobre y vanadio, es del orden del 0,1-0,5% y del 0,05-0,6%, respectivamente. En la práctica se consiguen rendimientos entre el 92 y el 96%.

El consumo de HNO_3 varía entre 0,65 y 1,42 kg por cada kg de ácido adípico producido. Debido a que la reacción es extremadamente exotérmica es necesario diseñar el sistema de reacción que tenga una eliminación efectiva del calor. Suele emplearse un exceso de nítrico, en una relación en torno a 7:1 (mol/mol) de HNO_3 /KA-oil, para mantener al reactor operando en las condiciones óptimas.

Los óxidos de nitrógeno liberados en la reacción son eliminados en separadores de fase gaseosa y retirados de los productos en un *bleacher*. Adicionando aire a los óxidos, estos pueden ser convertidos en HNO_3 , con lo que se solventan dos grandes problemas: la presencia de los NO_x y N_2O en las emisiones a la atmósfera (consecuencias económicas y ambientales) y el elevado consumo de ácido nítrico en el proceso.

1.2.1.3.Procesos alternativos para la producción de ácido adípico

Tanto en el pasado como en la actualidad se ha intentado emplear nuevas materia primas y caminos en la producción de ácido adípico, pero a día de hoy ningún proceso ha podido ser implementado con éxito a nivel comercial, a excepción de los anteriormente comentados. Algunos de estos procesos se nombran a continuación:

- Oxidación de ciclohexano con HNO_3
- Oxidación de caprolactama con HNO_3
- Ozonización de ciclohexano
- Carbonización de butanodiol
- Hidrocarboxilación de ácidos pentaicos
- Reacción de butadieno con CO_2 y H_2O

1.3. Constitución de la planta

1.3.1. Clasificación por zonas

1.3.1.1. Zona 100: almacenamiento de materias primas

- Tanques

En esta planta se pueden distinguir el diseño de tres tipos de tanques de función diferente: los de almacenamiento de materias primas (TK-101A/B/C/D/E/F/G/H/I, para ácido nítrico y TK-102A/B/C/D/E para el ciclohexanol), los de mezcla (TK-201, TK-301A/B, T-601) y los de almacenamiento intermedio (TK-302A/B, TK-401A/B, TK-601A/B, TK-602A/B). Para todos estos equipos se ha seguido el mismo procedimiento de diseño, teniendo en cuenta el tiempo de residencia más idóneo y su relación de aspecto más apropiada. Asimismo, dependiendo del caso que se trate, se calculan diferentes parámetros, como cubetos de retención, sistema de agitación, etc. Pues estos tres grandes grupos principalmente se distinguen debido a la función que realizan.

1.3.1.2. Zona 200: Zona de reacción

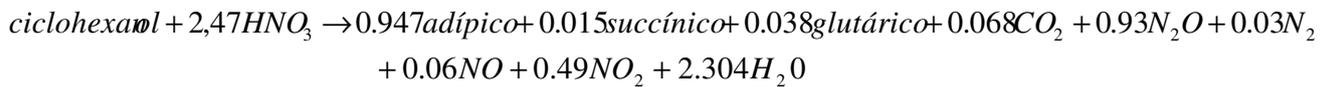
- Reactor
 - *Función:*

Proporcionar las condiciones apropiadas para llevar a cabo, dentro de unos parámetros establecidos, la reacción de oxidación en fase líquida entre la corriente de ciclohexanol que sale de los tanques (del TK-102A/B/C/D/E) y la solución de ácido nítrico mezclada con la recirculación, que se bombea desde el tanque mezcla (TK-201).

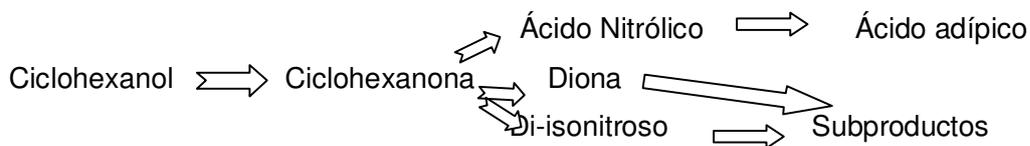
Las condiciones de operación son las especificadas en la patente US 3.359.308 de la compañía *DuPont*.

o *Mecanismo de la reacción:*

La reacción que tiene lugar, es la oxidación del ciclohexanol, para dar ácido adípico como principal producto. Esta reacción se puede simplificar como:



El mecanismo de la reacción de oxidación del ciclohexanol y el ácido nítrico consta de varios pasos que se explican a continuación.



La conversión de ciclohexanol a ciclohexanona se inicia con ácido nitroso (HNO₂) y procede muy rápidamente. Su constante no puede ser medida pero en cualquier caso es de gran magnitud. La ciclohexanona, a su vez, se oxida dando lugar simultáneamente a dos importantes intermediarios en la formación del ácido adípico, que son el ácido nítrico y la diona. La proporción de los mismos depende de las concentraciones de HNO₂ y HNO₃:

$$\frac{\text{Diona}}{\text{Ácido Nitrólico}} = 0,69 \cdot \left(\frac{C_{\text{HNO}_2}}{\rho_{\text{HNO}_3}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde C_{HNO_2} es la concentración de ácido nitroso en g/mol/l y ρ_{HNO_3} es la presión parcial del ácido nítrico en mmHg.

Consecuentemente las velocidades de reacción de la ciclohexanona para formar ácido nítrico (r_2) y para formar diona (r'_2) vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$r_2 = \frac{1}{1 + 0,69 \cdot \left(\frac{C_{\text{HNO}_2}}{\rho_{\text{HNO}_3}} \right)^{\frac{2}{3}}} \cdot k_{ox} \cdot [\text{Ciclohexanona}]$$

$$r'_2 = \frac{0,69 \cdot \left(\frac{C_{\text{HNO}_2}}{\rho_{\text{HNO}_3}} \right)^{\frac{2}{3}}}{1 + 0,69 \cdot \left(\frac{C_{\text{HNO}_2}}{\rho_{\text{HNO}_3}} \right)^{\frac{2}{3}}} \cdot k_{ox} \cdot [\text{Ciclohexanona}]$$

La reacción de formación de di-isonitroso sólo ocurre en grado medible cuando temperaturas son altas y superan los 70 °C.

Una vez formados los intermedios de reacción, estos reaccionan de manera que se obtiene el ácido adípico.

Para el caso del ácido nítrico, la influencia de los iones H^+ hacen que este se descomponga mientras que simultáneamente se desprende el gas N_2O . Si $r_3 \ll r_2$ difícilmente se forma ácido adípico para las condiciones en las que la constante de oxidación k_{ox} ha sido medida.

La velocidad de esta reacción viene dada por:

$$-\frac{d[\text{Ác. Nitrólico}]}{dt} = k_{NA} \cdot [\text{Ác. Nitrólico}] = \left\{ 35 \cdot 10^{13} \cdot \exp\left(-\frac{24200}{RT}\right) \cdot \left(\frac{\rho_{HNO_3}}{\rho_{H_2O}}\right)^{\frac{1}{2}} \right\} \cdot [\text{Ác. Nitrólico}]$$

donde ρ_{H_2O} es la presión parcial de agua medida en mmHg.

La reacción de formación de ácido adípico a partir de la diona sólo ocurre bajo la presencia de catalizador en la reacción. Los resultados experimentales muestran que la constante de velocidad de esta reacción (k_v) es proporcional a la concentración de vanadato y a la actividad del ácido nítrico. Cuando esta reacción no es catalizada, la diona se convierte mayoritariamente en ácido glutárico y ácido succínico y en productos secundarios de descomposición. La constante de velocidad de esta reacción es de la misma magnitud que k_{NA} .

Por último de la reacción de di-isonitroso para formar subproductos cabe decir que sólo tiene lugar si las temperaturas son elevadas.

Finalmente se entiende que se trata una reacción irreversible de primer orden que tendrá lugar en un tanque agitado. Las constantes de velocidad de los intermedios de reacción se pueden englobar y de esta forma sólo se considera la k_{ox} .

○ *Criterios de diseño:*

En esta unidad se busca maximizar la conversión de los reactantes en productos, dentro de unos límites termodinámicos y cinéticos, y siempre bajo unos criterios económicos. Debido a que la reacción es extremadamente exotérmica, el sistema debe ser diseñado para una eliminación efectiva del calor generado; de aquí la gran importancia de un buen sistema de refrigeración para mantener la mezcla isotérmica.

Las condiciones de operación especificadas por la patente ya nombrada, son: temperatura y presión del reactor 80°C y 1,36atm., asimismo el catalizador utilizado consta de sales de vanadio y cobre a una concentración entre 0,3, y 0,6 en peso de cobre y 0,01 y 0,5 en peso de vanadio.

Se usará un exceso de nítrico (diez veces mayor al estequiométrico) para asegurar una alta conversión y ayudar a controlar la temperatura en el reactor.

Se opta por una configuración de dos tanques idénticos en paralelo(R-201A/B), para llevar a cabo esta oxidación. Se escoge la disposición en paralelo en lugar de en serie, ya que la segunda sería para aumentar la conversión y en este caso el aumento de conversión es pequeño, pues la reacción ocurre prácticamente al 100%. Se ponen dos tanques, en lugar de uno más grande, ya que se obtienen dos principales ventajas, que la refrigeración y la agitación sean más efectivas, además en caso de que uno no funcionase, no se perdería totalmente la producción.

1.3.1.3. Zona 300: Zona de tratamiento de gases.

La reacción química que ocurre en los reactores de la zona 200 genera otros subproductos y contaminantes. La mayoría de contaminantes son compuestos que generalmente se encuentran en fase gas, y están parcialmente disueltos en la fase líquida. Estos son el CO₂, NO, NO₂, N₂O.

Debido a que la exposición de las personas a bajas concentraciones de estos contaminantes es peligrosa, en el proceso se busca que estos compuestos sólo formen parte de la fase gas, tratando de minimizar el contenido de éstos en la fase líquida y que los trabajadores no estén expuestos a riesgo.

Los gases a tratar son parcialmente solubles en medio líquido, así que el proceso constará de las siguientes partes:

- El reactor, es el primer elemento separador de fases, ya que la mayoría de los gases generados son separados físicamente debido a la diferencia de densidad entre la fase líquida y la fase gas.

- La torre de stripping arrastra los gases disueltos gracias a una corriente de aire, de esta manera se eliminan prácticamente de manera total de la fase líquida.

Con las dos unidades anteriores la principal función realizada es el cambio de los contaminantes de fase.

Tratamiento de cada contaminante:

- N_2O : SCR, tratamiento “end-of-pipe”.
- CO_2 : verter.
- NO : se busca convertir la mayor parte en NO_2 para su “eliminación” del proceso.
- NO_2 : debido a la posibilidad de convertirse en reactivo (HNO_3) se busca la opción para poder cumplir legislación de NO_x en vertidos.

✓ Eliminación primaria (formación de nítrico)

El siguiente paso en el proceso de tratamiento de gases es la integración de los NO_x posibles en forma de HNO_3 . Para ello se siguen los siguientes pasos:

- Oxidación; del monóxido de nitrógeno a dióxido de nitrógeno con oxígeno en un reactor llamado bleacher.

- Absorción; en una torre de absorción (wet scrubber), del NO_2 con agua en medio ácido para formar reactivo que se engloba en el proceso.

- Mezcla del reactivo recuperado con el líquido de proceso mediante unos tanques de mezcla.

- ✓ Eliminación secundaria (scr)

En el siguiente paso se hace el tratamiento "end-of-pipe" para poder emitir los gases cumpliendo legislación. Este paso se realiza mediante una reducción catalítica en la que ocurre la descomposición del N_2O a N_2 y O_2 y la reducción del NO a N_2 .

- Torre de stripping

Es una torre de relleno con la cual se pretende un arrastre con aire de los contaminantes solubles. El relleno escogido ha sido un relleno no ordenado ya que se pretende realizar el proceso de la manera más económica y de tal forma que se tenga la menor pérdida de carga a lo largo de la columna. La elección del relleno ha sido anillos Raschig de AISI-304 .

- Unidad de oxidación

Este equipo ha sido diseñado con el objetivo de conseguir la oxidación completa del monóxido de nitrógeno a dióxido de nitrógeno con oxígeno, mediante una aproximación a un reactor flujo pistón ideal.

Este equipo se ha diseñado para que la oxidación sea efectiva. Se necesita asegurar que hay como mínimo 6 atm. de presión, una tubería de 3 metros de longitud y un diámetro de 5". Está constituida por los equipos: CP- 305 o CP-306 y la tubería 5"-R-GAS-30-3030.

- Torre de absorción

La necesidad de recuperar parte de un reactivo debido a la imposibilidad de verter el NO_2 en altas concentraciones obliga a efectuar un diseño específico de este equipo.

Esta es una torre de relleno con la cual se pretende una absorción con reacción química del NO_2 en la fase gas y soluble en una disolución nítrico muy diluido. Debido a que la absorción del NO_2 requiere más etapas de equilibrio que el stripping de gases, para minimizar el coste del equipo, el tipo de relleno elegido es el ordenado Mellapak.

El nítrico recuperado, es recirculado al proceso e introducido antes de la torre de absorción, en el tanque de mezcla.

- Tanques de mezcla

Se trata de un tanque agitado. El motivo de su agitación se debe a la necesidad de realizar una buena mezcla entre las corrientes líquidas para que no precipite el adípico. La corriente líquida procedente del absorber se mezcla con el licor madre procedente del reactor donde se lleva a cabo la agitación.

La mezcla de corrientes se efectúa antes del stripper para poder eliminar todos los contaminantes en la torre, tanto los que posee el licor madre procedente del reactor, como los contaminantes que se hayan solubilizado por el líquido del absorber. En caso contrario, una mayor concentración de agentes contaminantes entrarían al licor de proceso, lo cual no es deseado dado a posibles emisiones en separación de gases a partir de esta la corriente.

Otras ventajas de esta unidad por estar colocada en este punto son:

- Se da más tiempo de residencia a la reacción dado que hay otro tanque agitado después del reactor principal.
- El hecho de mezclar ambas corrientes adecua la temperatura de entrada a la de operación de la torre de stripping, lo que supone el ahorro de un intercambiador.

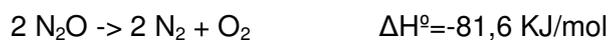
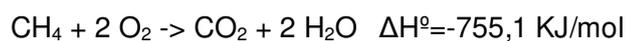
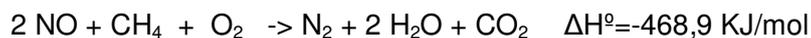
✓ SCR (Reducción catalítica selectiva)

El tratamiento de final de tubería de los gases de la planta se realiza mediante la reducción con zeolitas que están dopadas con metales que permiten realizar la reducción del NO con un hidrocarburo y por condiciones de proceso, temperatura y catalizador específico se realiza la reacción de descomposición del N₂O.

El método empleado para eliminar simultáneamente NO_x y N₂O que se diseñado es una reducción catalítica con metano, usando dos lechos catalíticos que contienen zeolitas que son el soporte los catalizadores son de Ce y Pd en el primer lecho y Fe en el segundo ⁽¹⁾, y se pretende elevar la temperatura hasta unos 450 °C aproximadamente en el primer lecho mediante la primera y la segunda reacción para poder conseguir una buena eliminación en el segundo lecho donde se realiza la descomposición de óxido nitroso.

Por legislación la eliminación del NO no es necesaria, pero como la descomposición del N₂O necesita unas temperaturas muy elevadas, se realiza la eliminación del NO con hidrocarburos, de esta manera se consigue que la corriente gas llegue a las condiciones necesarias de temperatura para la descomposición sea factible.

✓ Reacción



(1) U.S. Patent. 2006/0105902 A1

1.3.1.4. Zona 400: zona de recuperación de subproductos y regeneración del catalizador.

- Columna de destilación

La alimentación de esta columna es la corriente líquida que sale de las centrífugas C-601A/B/C/D. Por el destilado, se eliminará todo el agua y parte del ácido nítrico; y por colas, los subproductos, ácido nítrico y el catalizador. Este último se hará pasar por la resina (RS-401A/B), para recuperarlo a lo largo del proceso. Esto se conseguirá regenerando con una pequeña parte del destilado, que en su conjunto, regresará al tanque de mezcla previo al reactor (TK-201).

La principal finalidad de las columnas de destilación es la recuperación y refinado de determinadas sustancias. Los cálculos a realizar incluyen: cálculo del número real de etapas, a partir de los conceptos de etapa ideal de equilibrio y eficiencia de plato y determinación de las principales características geométricas y de diseño de la columna: altura, diámetro y espesor de sus paredes. La unidad en cuestión es CD-401.

Es una columna de platos perforados y se trabaja con sistema multicomponente pero, mediante la selección de un par de componentes clave-ligero (LK) y pesado (HK)-se pueden reducir a sistemas pseudo-binarios facilitando así la realización de los cálculos propuestos.

En principio, las temperaturas de tope y fondo del equipo se definen en función de las temperaturas de ebullición de los compuestos a estudio. Mediante el procedimiento establecido por *Hengstebeck y Geddes*, en base a la ecuación de *Winn* (variante de la ecuación de *Fenske*, en termino de caudales molares), se puede aproximar la distribución de componentes no clave en los productos.

Los métodos aplicados en el cálculo de las etapas de equilibrio son: el de *Erbar-Maddox*, conjuntamente con la ecuación de *Kirkbride*. Una vez conocido el número de platos teóricos se corrige ese valor utilizando una eficiencia global de plato, obteniéndose así el número de etapas reales requeridas para realizar la separación.

La determinación de las características geométricas de las columnas se realiza en función de los caudales que circulan en su interior (esencialmente el flujo ascendente de vapor) ya que estos determinan la necesidad de mayores diámetros y la separación entre platos adecuada para que no se produzca inundación. Finalmente se analizará la presión en los platos de alimentación y en el fondo de las torres a partir de una caída de presión en plato preestablecida en función de los caudales circulantes.

- Columna de regeneración del catalizador

Los catalizadores empleados en el proceso serán sales de los metales Cu y Vd,. Su intervención tiene, principalmente, la finalidad de mejorar el grado de conversión de la reacción. La cantidad a introducir de los catalizadores oscila entre 0,3%-0,6% en peso para el cobre y 0,01%-0,5% para el vanadio (según la patente de Dupont). Teniendo en cuenta que se recuperará por métodos regenerativos de resinas catiónicas y que la actividad de la planta es continúa, sólo se efectuará el recambio de catalizador una vez al año, así que la cantidad que se adquirirá de los mismos es reducida.

En cuanto a su función en la reacción, el vanadio actúa sobre la diona, consiguiendo que ésta se convierta rápidamente en ácido adípico y además, principalmente, en ácido succínico y glutárico.

El cobre es efectivo a altas temperaturas (por encima de 40° C), y previene la formación de intermediarios inestables de reacción y la regeneración del catalizador se lleva a cabo a altas temperaturas, pues se trata a la salida del reboiler RE-401.

1.3.1.5. Zona 500: zona de tratamiento de subproductos

Los principales subproductos de la oxidación del ciclohexanol con ácido nítrico son el ácido glutárico y el ácido succínico, y en menores cantidades se forman el ácido pentanoico y el ácido hexanoico. En la operación comercial, el licor madre de nítrico contiene grandes cantidades de ácidos glutárico y succínico como resultado de la recirculación de esta corriente después de la cristalización del ácido adípico. Una porción de esta corriente se separa y se procesa aparte para retirar los subproductos y recuperar el ácido nítrico y los catalizadores de vanadio y cobre. En los inicios comerciales de la producción de ácido adípico se descartaron estos subproductos como útiles y en la mayoría de los casos se quemaban. Obviamente esto representa un problema ambiental así como una pérdida de productos químicos valiosos. En la actualidad muchas compañías recogen estos ácidos como una mezcla de ácidos dibásicos (DBA) o los convierten en ésteres dibásicos (DBE) para diversos usos.

Después de retirar los catalizadores de cobre y vanadio mediante intercambio iónico y de separar por destilación azeotrópica el ácido nítrico en agua, se puede añadir metanol para convertir los ácidos en sus metil-ésteres. A continuación los ésteres se destilan para obtener la mezcla, o bien los ésteres individuales.

Otras veces los ácidos se retiran por destilación para producir una mezcla de ácidos y anhídridos, especialmente anhídrido glutárico y ácido succínico. Después es posible separar los ácidos mediante cristalización y extracción con disolventes orgánicos.

Otras formas de separación de los ácidos subproductos son: la adición de sales inorgánicas, de aminas alquílicas primarias, o urea, y extracción con un disolvente de cetona.

Existen diversas patentes que tratan la separación de los subproductos.

La patente *U.S.-4,254,283* de la compañía *Monsanto* plantea la posibilidad tratar el licor madre de nítrico que contiene ácido nítrico, ácido succínico, ácido glutárico, ácido adípico y agua de la siguiente manera:

1. Retirar la mayoría del ácido nítrico (y algo de agua) mediante una evaporación.
2. La corriente de residuo del evaporador llevarla a una zona de cristalización en donde se cristalizan el ácido adípico y el succínico, dejando en las aguas madres el ácido glutárico.
3. Formar anhídrido succínico a partir del ácido succínico obtenido por cristalización.
4. Separar el anhídrido succínico del ácido adípico mediante destilación.
5. Cristalizar la corriente residuo de la primera cristalización y recuperar el ácido glutárico.

La patente U.S. 4,014,903 de la *Allied Chemical Corporation* plantea tratar la corriente de licor madre de nítrico retirando una porción y proceder como se explica a continuación:

1. Recuperar una porción del ácido adípico mediante un *chilling* para precipitar el ácido adípico y posteriormente separarlo.
2. Disolver el ácido adípico obtenido en una disolución acuosa de ácido nítrico y reciclarlo al sistema.
3. Es necesario mantener la corriente que se separó del licor madre en las siguientes condiciones: concentración de al menos 10-25% en agua, mediante la adición del agua necesaria; presión atmosférica; temperatura entre 100 y 110°C; mantener la relación en peso de agua/nítrico en un valor de al menos 6.

Todo esto con el objetivo de obtener una mezcla, libre de ácido nítrico, que contenga los citados ácidos y catalizador, la cual puede ser fácilmente deshidratada y destilada para producir productos químicos útiles.

1.3.1.6. Zona 600: zona de obtención de producto

El sistema de cristalización utilizado consiste en una primera cristalización (CR-601), en la cual entra la corriente que proviene del evaporador (E-301), esta corriente líquida, durante la primera cristalización es transformada a una corriente líquida pastosa y a otra de vapor. En el vapor, se encuentra principalmente agua con una pequeña cantidad de nítrico, el cual sale debido al equilibrio que se establece entre ambos componentes. La pasta que sale de dicha cristalización, contiene el ácido adípico cristalizado gracias a la evaporación de parte del agua de la mezcla inicial, junto a una gran cantidad de agua y nítrico, así como también los subproductos: ácidos succínico y glutárico, y una pequeña cantidad de ciclohexanol que quedó sin reaccionar en el reactor. Esta corriente es dirigida hacia las centrífugas (C-601), las cuales separan el adípico cristalizado de una corriente líquida que contiene los subproductos. Éstos irán a una destilación (CD-401) para ser separados.

La finalidad de esta primera cristalización es la de extraer la mayor cantidad de nítrico posible.

A continuación, el adípico cristalizado se dirige hacia un tanque de redisolución (T-601) en el que se añade agua para disolver el adípico y luego se realiza una segunda cristalización (CR-602) con el fin de conseguir un producto más puro y cristales de mayor tamaño, ya que se añade agua pero poca cantidad, lo cual permite la presencia de núcleos donde crecen los cristales. Se evapora una parte del agua y sale una corriente pastosa que contiene el adípico cristalizado. Esta corriente es dirigida hacia unas centrífugas (C-602) las cuales separan el adípico cristalizado, con aproximadamente un 10% de humedad, de una corriente líquida que se irá hacia el tanque de mezcla (TK-201).

Los cristalizadores diseñados consisten en tanques agitados con una camisa por la cual circula vapor de agua que intercambia calor con la mezcla que contiene el ácido adípico con el fin de evaporar el agua que contiene dicha mezcla y de esta manera se obtienen los cristales de adípico.

Además todos los cristalizadores trabajan al vacío con el fin de favorecer la cristalización.

1.3.1.7. Zona 700: zona de purificación y almacenamiento de producto.

Una vez centrifugada la mezcla, la corriente sólida húmeda es introducida en la cámara de secado (S-701) por su parte superior.

El gas caliente, nitrógeno (suministrado por Air Liquide), es soplado a través del lecho de material a secar. El gas es distribuido a una velocidad suficientemente elevada para soportar el peso de las partículas en estado fluidizado. Se forman burbujas y caen en el lecho fluidizado del material, promoviendo un intenso movimiento de partículas. En este estado, los sólidos se comportan como un líquido en ebullición que fluye libremente. Las temperaturas muy altas y los valores de transferencia de masa se obtienen como resultado del contacto íntimo con los sólidos y el diferencial de velocidades entre cada una de las partículas y el gas fluidizante.

El gas de secado abandona el equipo a través de un sistema colector de polvo, un ciclón (CL-701).

Este equipo es muy necesario ya que los gases que abandonan el sistema arrastran una buena proporción del sólido en forma de polvo; para la recuperación de éstos se puede emplear el ciclón.

Esta tecnología también se puede usar para aplicaciones de enfriamiento, en unidades individuales o combinadas con el secado.

El nitrógeno es utilizado para extraer la humedad de los cristales de ácido adípico en el secador. También se utiliza para enfriar el adípico de salida del secador, en el enfriador (EF-701), ya que éste trabaja a una temperatura de 100°C.

El circuito de nitrógeno es un circuito cerrado con una pequeña entrada de nitrógeno fresco equivalente a la cantidad de nitrógeno que se purga después del filtro de mangas. Por tanto, el nitrógeno utilizado en el secador, que proviene del intercambiador (IC-701), a una temperatura de 100°C, extrae la humedad del ácido adípico. Por gravedad el adípico es conducido hacia el enfriador en el cual se hace circular, como en el caso anterior, nitrógeno a contracorriente, pero en este caso a una temperatura de 20°C para enfriar el adípico. El nitrógeno de salida, tanto del secador como del enfriador, va a parar a unos ciclones donde se limpia el gas de partículas. Estas se enviarán hacia los silos, pero como la eficiencia del ciclón no es del 100% una parte se va por la salida del gas, por este motivo se coloca un filtro de mangas.

A continuación, el nitrógeno se dirige hacia un intercambiador (IC-702) con el fin de enfriarlo de 37°C a 20°C, y de esta manera extraer la humedad. Al enfriarse el vapor de agua condensa y se purga. Una parte del nitrógeno seco a 20 °C se dirige hacia la entrada del enfriador. La otra parte de nitrógeno seco junto con la corriente de nitrógeno fresco se calienta hasta 100°C en intercambiador (IC-701), cerrando el circuito de nitrógeno.

- Equipos de calor

Estos equipos están por toda la planta, por lo que se les dedica un espacio especial.

El flujo de calor hacia o desde fluidos de proceso es una parte esencial de la mayoría de procesos químicos. Aunque el término “intercambiador” se aplica en realidad a todo tipo de equipo en el que se transfiere calor, frecuentemente se usa de manera específica para referirse a unidades en las que este intercambio tiene lugar entre dos corrientes de proceso; distinguiéndose, pues, de aquellas en las que un fluido de proceso se calienta o enfría empleando corrientes auxiliares.

En este caso se emplea incluso en un sentido más amplio y además de los equipos que tienen como finalidad modificar la temperatura de alguna de las corrientes, también engloba aquellos cuyo objetivo es el cambio de fase de las mismas; según lo cual, se abordará el diseño de las siguientes unidades:

- Intercambiadores: IC-201A/B, IC-301, IC-302, IC-701 y IC-702
- Condensadores: CN-401, CN-301A/B, CN-601 y CN-602
- Reboilers: RE-401.
- Evaporadores: E-301.

Todos los intercambiadores de la planta y los condensadores CN-301A/B son de carcasa y tubos, con cabezal flotante y disposición horizontal. El condensador restante, aunque también corresponden a la variedad de carcasa y tubos, presenta disposición vertical con flujo descendente en tubos de la corriente de proceso que condensa. Por último, se han seleccionado reboilers de tipo *kettle* dado que es necesario una fracción importante de la corriente de colas (aproximadamente 95%) en la columna de destilación CD-401.

Más adelante se desarrolla un método general para el diseño básico de intercambiadores de calor de carcasa y tubos basado en consideraciones de tipo económico. A pesar de que este método se aplica de igual manera a la mayoría de las unidades consideradas, debe tenerse en cuenta que existen notables diferencias entre dichos sistemas de intercambio de calor, y que las correlaciones necesarias para el cálculo de los coeficientes individuales de transferencia son distintas en cada caso.

En el caso de los reboilers, aunque el método de diseño presenta ciertas analogías con el de los intercambiadores de carcasa y tubo, será necesario tener en cuenta las diferencias en cuanto a construcción (relaciones de aspecto) y funcionamiento.

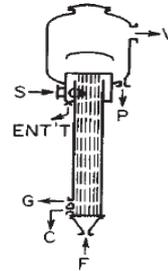
Los evaporadores son equipos que transforman líquido en vapor por aplicación de calor. Se trata de un equipo de intercambio de calor, en el que el fluido portador es vapor en sus condiciones de saturación y por tanto, cederá su calor latente en la transferencia de energía y condensará.

Se utiliza, en este caso con la finalidad de concentrar la corriente que sale de la torre de absorción (TA-301) que se encuentra a 70°C y 1 atmósfera, eliminando agua y ácido nítrico. De este modo, el condensado de líquido de proceso entrará más puro a los cristalizadores para poder lograr una cristalización óptima del ácido adípico.

La corriente que se obtenga a la salida del evaporador parte se recirculará al reactor y parte se irá a la zona 200 en relación 9:1. Este evaporador trabajará a vacío (280mmHg), pues así se consigue que la temperatura en la cámara de ebullición sea menor (80°C) y así se reduzca el gasto energético en el evaporador y el condensador que le sigue.

Los motivos por los que se ha escogido este tipo de evaporador son:

- Bajo coste.
- Gran área de intercambio de calor.
- Buenos coeficientes de transferencia para diferencias de temperaturas razonables (película ascendente).
- Pueden evaporar grandes cantidades de producto.
- Admiten líquidos corrosivos



1.3.2. Plantilla de trabajadores

El funcionamiento de la planta de producción de ácido adípico es de 330 días al año, que equivalen a 7920 horas. La planta trabaja en continuo 24 horas al día durante 330 días al año.

La plantilla de trabajadores tiene tres turnos de trabajo, más uno adicional para los fines de semana, en el caso de los operarios de producción, para el personal de oficinas sólo un turno.

Las fechas de parada de la planta son:

Del 1 al 15 de febrero: parada para mantenimiento.

Del 1 al 15 de agosto: vacaciones.

Las oficinas se consideran de densidad media de personas, y según el Art. 6.2 de la NBE-CPI/96 se establece una ocupación de una persona cada 10 m².

Las dimensiones de los edificios se basan en el número máximo de empleados en un solo turno, que vayan a trabajar en la planta. Esto hay que determinarlo antes de hacer la implantación y se ha considerado el siguiente número de empleados:

Técnicos:

- Director general
- Ingeniero de proceso
- Químico
- Responsable de seguridad, calidad y medio ambiente

Especialistas:

- Técnico de laboratorio
- Electricistas (uno por turno)
- Fontaneros (uno por turno)
- Soldadores (uno por turno)
- Técnicos de control e instrumentación (uno por turno)
- Personal de subministro (cuatro por turno)

Personal administrativo:

- Administrativo encarado de gestionar la compra y venta
- Contable
- Secretario/a

Operarios:

Se calculan según el número de operaciones del proceso.

Se considera que hay 9 operaciones principales:

- Entrada y salida de productos (uno por turno)
- Mezcla de las corrientes de recirculación y de las corrientes de la alimentación antes del reactor mediante un tanque de mezcla (uno por turno).
- Reactores (dos por turno).
- Tratamiento de gases (stripping y absolvedor) (uno por turno).
- Evaporador (uno per turno).
- Cristalización del ácido adípico (incluye cristalizadores, centrífugas y tanque de recirculación) (dos por turno).
- Secado y enfriamiento (uno por turno)
- Almacenamiento en silos (uno por turno)
- Destilación para la obtención de subproductos y regeneración de catalizador (uno por turno)

También hay operaciones secundarias que pueden necesitar personal:

- Sistema de refrigeración de la planta (tres por turno).

Se necesitará la presencia de un supervisor de todas estas operaciones, que será de uno por turno.

Personal dedicado a servicios:

- Personal de limpieza (dos en el turno de tarde).
- Cocinero (uno por turno).

Personal dedicado a otras actividades de la empresa:

- Responsable del departamento de personal, que tendrá la responsabilidad de contratar a los empleados de la empresa, es decir, seleccionar a los más adecuados.
- Responsable de la gestión económica de la empresa.
- Responsable del departamento de mantenimiento, que tendrá a su cargo dos operarios cualificados para estas tareas.
- Responsable de logística.

Haciendo un recuento del personal, el número máximo de empleados por turno será de 37. Si hay cuatro turnos, como máximo habrá 106 trabajadores en planta. Los trabajadores contratados el fin de semana tendrán un sueldo mayor, ya que serán dos turnos de 12 horas, y por tanto trabajarán por semana 24 horas.

Se contrata un total de 112 trabajadores para el buen desarrollo de la planta.

Su sueldo será el siguiente:

- Técnicos: 3500 €/mes
- Especialistas: 2200 €/mes
- Personal administrativo: 2000 €/mes
- Operarios: 1000 €/mes
- Personal dedicado a servicios: 1300 €/mes
- Personal dedicado a otras actividades de la empresa: 2200 €/mes
- Supervisores de proceso de la planta: 1800 €/mes

Los trabajadores tendrán 15 pagas durante todo el año.

Respecto a los turnos de trabajo, dependerán de la tarea desarrollada en la empresa.

Al personal de oficinas, donde se incluye el director general, el ingeniero de proceso, el responsable de seguridad, calidad y medio ambiente, el personal administrativo, el contable y el secretario/a.

El turno para estos empleados será el siguiente:

Horario (de lunes a viernes):

- Turno de mañana: De 9:00 a 13:00
- Turno de tarde: De 16:00 a 20:00

El director tiene que estar siempre localizable.

Dentro del grupo de los operarios que incluyen los trabajadores de la sala de control, supervisores, guardias de seguridad (se contrata una empresa de seguridad que se encarga de la seguridad del recinto), electricistas, fontaneros, soldadores, técnicos de control. Estos tienen cuatro turnos que son los siguientes:

- Turno de mañana: De 8:00 a 16:00
- Turno de de tarde: De 16:00 a 24:00
- Turno de noche: De 24:00 a 8:00
- Turno de fines de semana: 24 horas cada día, que se reparten entre la gente que viene de lunes a viernes, haciendo el mismo turno que entre semana, cada dos semanas.

El personal de laboratorio donde se incluye el químico, el técnico de laboratorio y el personal de subministro. Se dispone de un solo turno de 9:00 a 17:00 de lunes a viernes.

Para la cocina (cocinero) habrá dos turnos:

- De 11:00 a 15:00, y de 17:00 a 23:00
- De 3:00 a 7:00

El personal de limpieza tendrá un horario de tarde de las 20:00 a 23:00 horas.

Respecto a la zona de producción, se requiere un espacio exterior seguro, es decir, un espacio al aire libre que permita a los ocupantes del edificio llegar a una vía pública, o la posibilidad de acceso del edificio a los medios de ayuda exterior.

Las zonas de producción se consideran zonas de alta densidad de personas, según el Art. NBE-CPI/96 se establece una ocupación de una persona cada 40m².

1.4. Especificaciones y necesidades de servicios

1.4.1 Agua potable

Se trata de agua potable para uso personal (vestuarios, oficinas, lavabos y laboratorios). Es suministrada a pie de parcela a 4 kg/cm² en una tubería con un diámetro de 200 mm, a una temperatura de 15°C.

1.4.2 Agua contra incendios

El sistema de agua contra incendios consta de:

- dos tanques de almacenamiento de agua para incendios
- una red de distribución
- una estación donde por seguridad, se instalan a parte de las bombas principales, una bomba que funciona con combustible por si en caso de incendio hubiese un corte eléctrico.

La máxima presión a la que puede operar es 4 kg/cm².

Cada tanque de almacenamiento tiene un volumen de 350 m³, de esta manera, se asegura la distribución de agua en la planta durante horas según las condiciones normales de operación. Las válvulas estarán abiertas.

1.4.3 Equipo de frío

Para abastecer las necesidades de frío de la planta se ha utilizado un equipo de frío, pues el salto térmico es mayor al de una torre de refrigeración, la cual como mucho puede enfriar por encima de 3 a 5°C de la temperatura húmeda del aire, es decir unos 26°C. En cambio, el equipo de frío permite trabajar con temperaturas muy inferiores, en nuestro caso enfriamos hasta 5°C.

En la tabla siguiente se muestran los caudales de agua a 30°C que deben ser enfriados hasta 5°C.

Tabla 1.7 : Necesidades de agua a enfriar y potencia

EQUIPO	caudal(kg/s)
R-201A/201B	11,46
IC-201/202	46
IC-702	1,6
CN-401	150
CN-601	35
CN-602	16
IC-302	0,45
TS-301	0,06
TA-301	0,26
SCR-302	0,19
Agua total a enfriar (kg/s)	261,02
Potencia frigorífica (kW)	30016,83

En total hay que enfriar 261,02 kg/s de agua. Esta agua será enfriada en un equipo de frío pues para conseguir temperaturas tan bajas (5°C) no se pueden conseguir con una torre de refrigeración.

Cálculo de la potencia frigorífica necesaria en el equipo de frío:

$$P_{\text{frigorífica}} = m \cdot C_{p,\text{agua}} \cdot \Delta T \quad (1)$$

Donde:

$P_{\text{frigorífica}}$ es la potencia frigorífica (kW)

m es el caudal de agua a enfriar (kg/s)

$C_{p,\text{agua}}$ es el calor específico del agua (kJ/kg·°C)

ΔT es la variación de temperatura (°C)

$$P_{\text{frigorífica}} = 261,02 \text{ (kg/s)} \cdot 4,16 \text{ (kJ/kg}\cdot\text{°C)} \cdot (30 - 5) \text{ (°C)} = 30016,83 \text{ k}$$

Características del equipo de frío:

Para enfriar tantas frigorías se necesitan varios equipos de frío en paralelo con una potencia útil conjunta de 30016,83 kW.

El tipo de equipo de frío utilizado es un enfriador de agua condensada por aire, utilizando como gas refrigerante R407C que desde el punto de vista ecológico es bastante interesante porque no contiene cloro y el valor de O.D.P es muy bajo.

1.4.4 Agua descalcificada

Es importante garantizar que el agua que se encuentre dentro del circuito esté libre de iones para evitar posibles incrustaciones que afecten al funcionamiento de la instalación.

El proceso consiste en pasar el agua a través de una resina que intercambia iones de calcio y magnesio que se quiere eliminar del agua, por otras que son solubles en agua.

En el momento en que la resina se sature, no captará más iones, entonces se tendrá que regenerar.

La planta dispone de dos equipos descalcificadores, para abastecer el agua necesaria en el equipo de frío, la caldera y la corriente 75 que se añade en el tanque de redisolución (T-601).

1.4.5 Vapor de agua

Para garantizar las necesidades de vapor de la planta, instalaremos una caldera horizontal pirotubular de tres pasos por tubos de los humos.

La caldera será suministrada por la empresa Bono Energia S.p.A. y el modelo es SG-2500.

Necesidades de vapor de planta

Tabla 1.8. Necesidades de vapor de la planta.

ITEM	Necesidad de vapor (kg/h)	Presión requerida (bar)	Temperatura del vapor(°C)
E-301	117360	10	180
RE-401	26537	10	180
CR-601 (A/B/C/D)	1713	2	120
CR-602 (A/B)	1783	2	120
IC-701	900	2	120
TOTAL	150000	12	188

Cálculo de la potencia calorífica de la caldera

$$P_{calorifica} = m \cdot C_p \cdot \Delta T + m \cdot \lambda \quad (2) \quad P_{suministrada} = \frac{P_{calorifica}}{R} \quad (3)$$

m = caudal de vapor necesario (kg/h)

Cp = calor específico del vapor condensado

ΔT = variación de temperaturas del condensado (95 °C -188 °C)

λ = calor latente de vaporización (KJ/kg)

R = rendimiento térmico (tanto por uno)

$$P_{calorifica} = 1500000 \left(\frac{kg}{h} \right) \cdot 3 \left(\frac{KJ}{kg \cdot ^\circ C} \right) \cdot (188 - 95) (^\circ C) + 1500000 \cdot \left(\frac{kg}{h} \right) \cdot 1986 \left(\frac{KJ}{kg} \right)$$

$$P_{calorifica} = 3,40 \cdot 10^8 \left(\frac{KJ}{h} \right)$$

$$P_{suministrada} = \frac{3,40 \cdot 10^8}{0,92} = 3,69 \cdot 10^8 \left(\frac{KJ}{h} \right) \quad (4)$$

Requerimientos de gas natural

$$P_{\text{suministrada}} \left(\frac{\text{KJ}}{\text{h}} \right) = Q_{\text{gas natural}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \right) \cdot LHV \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Nm}^3} \right)$$

$$Q_{\text{gas natural}} = \frac{P_{\text{suministrada}}}{LHV} \quad (5)$$

$$Q_{\text{gas natural}} = \frac{3,69 \cdot 10^8 \left(\frac{\text{KJ}}{\text{h}} \right)}{35530 \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Nm}^3} \right)} = 10400 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \right)$$

LHV = Lower Heating Value del gas natural (KJ/Nm³)

$Q_{\text{gas natural}}$ = caudal volumétrico de gas natural necesario para producir el vapor deseado (Nm³/h)

Dimensiones de la caldera

Las dimensiones de la caldera que permite generar un caudal de vapor de 25 (t.m./h) de vapor a 12 (bar), son las siguientes:

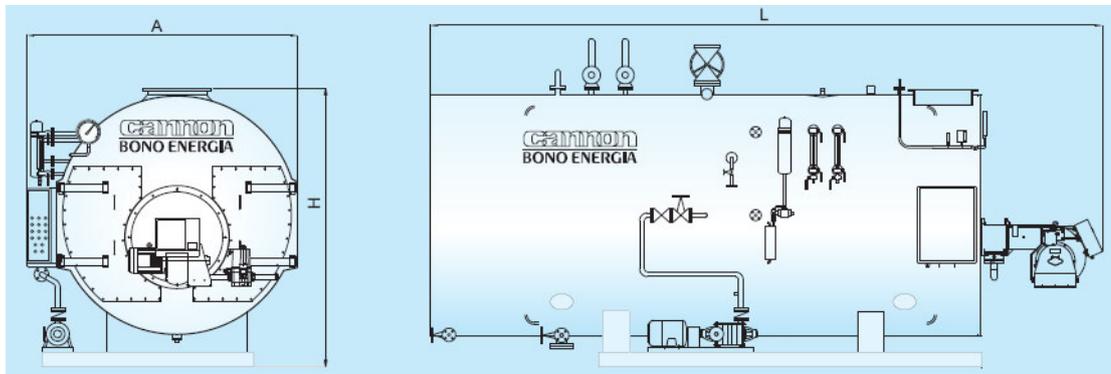


Fig. 1.7: Caldera

Tabla 1.9: Dimensiones de caldera.

Dimensiones máximas	(m)
<i>Longitud (L)</i>	10,65
<i>Ancho (A)</i>	4
<i>Altura (H)</i>	4,1

1.4.6 Aire comprimido

El principio de compresión se basa en que dos rotores helicoidales giran entre sí, el primero con cuatro lóbulos y el segundo con seis estrías. El primer rotor gira un 50% más rápido que el segundo, el aire se comprime entre los rotores y su carcasa.

Los rotores nunca llegan a tocarse gracias a la precisión de los engranajes de sincronismo que mantienen una separación suficiente entre la superficie de los rotores. No hay desgaste y no se requiere lubricación en el espacio de compresión.

Se suministra aire sin pulsaciones ni aceite.

Los extremos de los rotores dejan al descubierto la entrada, el aire penetra en la cámara de compresión. Queda atrapado en el compartimento formado por un lóbulo macho y una estría hembra. Cuando los rotores giran, el compartimento se estrecha comprimiendo el aire atrapado, finalmente el aire sale por la salida.

Se utiliza aire comprimido a una presión de 8 kg/cm² para accionar toda la instrumentación de toda la planta así como también las válvulas neumáticas de control del proceso.

1.4.7 Nitrógeno

Se utiliza nitrógeno en lugar de oxígeno, como gas para calentar y enfriar el adípico cristalizado en el secador y en el enfriador respectivamente, así como también en el almacenamiento de producto en los silos, por presentar la característica de ser un gas inerte, y por tanto, no es combustible. Además también presenta otras ventajas:

- Gas incoloro, inodoro, insípido y no tóxico.
- Está formado por moléculas diatómicas, con una gran energía de enlace, lo que le atribuye una gran estabilidad y se justifica su uso como inerte.
- Tiene una densidad parecida a la del aire, por tanto es fácil su desplazamiento.
- Su solubilidad en líquidos es muy pequeña e inferior a la de otros gases.
- En el paso de nitrógeno líquido a nitrógeno gas absorbe una gran cantidad de calor, por eso se utiliza como gas refrigerante.
- Se elimina a la atmósfera sin ningún problema.

La necesidad del uso del nitrógeno para crear una atmósfera inerte viene dada por tres razones principales:

- 1- Seguridad: para eliminar el riesgo de inflamaciones y explosiones en el almacenamiento y manipulación de ciertos productos químicos como en nuestra planta.
- 2- Calidad: para crear una atmósfera inerte en los productos en los cuales la presencia de oxígeno y humedad (nitrógeno es un gas seco) puedan causar su deterioro, pues la presencia de estos pueden dar lugar a reacciones secundarias que pueden provocar una pérdida de las características del producto; además pueden aparecer productos inestables.
- 3- Protección de los equipos: gracias al ambiente inerte no se forman productos corrosivos debidos a la acción del oxígeno y/o el agua sobre un producto determinado. Este hecho hace aumentar el tiempo de vida de los equipos y de las instalaciones, y conlleva un ahorro en los costes de mantenimiento.

El nitrógeno líquido:

Con el tanque de nitrógeno líquido se dispone de una gran cantidad de gas en un espacio muy reducido, ya que un litro nitrógeno líquido al evaporarse se transforma en 690 litros de gas.

Las capacidades de los tanques van de 2000 a 58000 litros. Los tanques están formados por dos recipientes, el interior de acero inoxidable austenítico y el exterior de acero al carbono.

El espacio entre los dos recipientes está lleno de perlita y se mantiene en condiciones de vacío, proporcionando un aislamiento casi perfecto.

En la planta se necesitará, para su funcionamiento en continuo, un depósito de 50000 litros cada 3 días, ya que se recirculará todo el nitrógeno, exceptuado una pequeña purga después del filtro de mangas, la cual será la que se añadirá de este depósito.

1.4.8 Electricidad

La energía eléctrica es un servicio que se utiliza por los aparatos y equipos eléctricos, para iluminación de la planta, para la instrumentación, etc.

El suministrador es Fecsa Endesa que suministra a 20 KV y mediante una estación transformadora se reparte por la planta a 400 V y una frecuencia de 50 Hz.

La energía que llega a la planta, desde el exterior a pie de parcela, es suministrada mediante una línea de media tensión a 20KV. Para poder suministrar la energía en baja tensión, es necesaria la construcción de una estación transformadora que pueda transformar de media tensión a baja tensión, de 20KV a 400V. Su diseño se realiza mediante el reglamento de baja tensión.

Los equipos y aparatos que necesitan de la corriente eléctrica son:

Tabla 1.10: potencia eléctrica requerida

EQUIPO	KW
<i>bombas</i>	83,8
<i>compresores</i>	483,5
<i>transporte de sólidos</i>	113,5
<i>Centrifugas</i>	158
<i>Agitadores</i>	1600,1
<i>Circuito frigorífico</i>	30016,8
<i>Iluminación, oficina, climatización,...</i>	975,5
TOTAL	33431

Una vez determinada la potencia requerida por los equipos se ha de tener en cuenta la simultaneidad del requerimiento de energía por parte de los equipos, es decir la cantidad máxima de energía de los equipos funcionando al mismo tiempo. En este caso se ha considerado una simultaneidad del 80 %.

$$P_{\text{requerida}} = P_{\text{max}} \cdot \cos \phi = 33431 \cdot 0,85 = 26745 \text{ KW}$$

$$P_{\text{suminsinrada}} = \frac{P_{\text{requerida}}}{0,85} = 33431 \text{ KVA}$$

Diseño de la estación transformadora

Para dimensionar las unidades de la estación transformadora, es necesario saber la potencia unitaria de los transformadores que incluye cada unidad. Los centros de transformación con envolvente modular de hormigón, PFU-5, de la marca Ormazabal, contiene dos transformadores de 1000 KVA cada uno.

El número de unidades PFU son:

$$N^{\circ} \text{ de PFU} = \frac{P_{\text{requerida}}}{2 \cdot 1000} = \frac{33431}{2 \cdot 1000} = 17$$

Los edificios PFU constan de una envolvente de hormigón, instalado en superficie, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos: desde la apartamta de Media Tensión, hasta los cuadros de Baja Tensión, incluyendo los transformadores, dispositivos de Control e interconexiones entre los diversos elementos.

Diseño de los grupos electrógenos

Debido a la necesidad de cubrir las necesidades de energía cuando hay apagones o fallo en el suministro eléctrico, se ha buscado la manera de suplir la ausencia de energía, mediante una serie de grupos electrógenos, de la marca himoinsa, del modelo Centauro que tienen una potencia de 2.067 KVA, que mediante el consumo de diesel nos proporciona esta potencia.

$$N^{\circ} \text{ de grupo electrogeno} = \frac{P_{\text{requerida}}}{2 \cdot 1000} = \frac{33431}{2067} = 16$$

2. LISTADO DE EQUIPOS

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 100 Zona de almacenamiento	Proyecto: Producción Acido Adípico	
	Planta: Acido Adípico			Fecha de revisión:	
Nº ITEM	Denominación	Parámetro principal de diseño	Valor de parámetro	Material de construcción	Función
	Localización: Barcelona, Zona Franca				
TK-101A	Tanque de almacenamiento de ác. nítrico	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-101B	Tanque de almacenamiento de ác. nítrico	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-101C	Tanque de almacenamiento de ác. nítrico	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-101D	Tanque de almacenamiento de ác. nítrico	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-101E	Tanque de almacenamiento de ác. nítrico	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-101F	Tanque de almacenamiento de ác. nítrico	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-101G	Tanque de almacenamiento de ác. nítrico	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-101H	Tanque de almacenamiento de ác. nítrico	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-101I	Tanque de almacenamiento de ác. nítrico	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-102A	Tanque de almacenamiento de ciclohexanol	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-102B	Tanque de almacenamiento de ciclohexanol	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-102C	Tanque de almacenamiento de ciclohexanol	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-102D	Tanque de almacenamiento de ciclohexanol	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-102E	Tanque de almacenamiento de ciclohexanol	Volumen	100m ³	AISI 304	Almacenamiento
P-101	Bomba centrífuga	Potencia	0,75kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-102	Bomba centrífuga	Potencia	0,75kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-103	Bomba centrífuga	Potencia	0,28kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-104	Bomba centrífuga	Potencia	0,28kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-105	Bomba centrífuga	Potencia	0,95kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-106	Bomba centrífuga	Potencia	0,95kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-107	Bomba centrífuga	Potencia	0,19kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-108	Bomba centrífuga	Potencia	0,19kW	AISI 304	Impulsión líquido

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 200 Zona de reacción	Proyecto: Producción Ácido Adípico	
	Planta: Ácido Adípico			Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca				
Nº ITEM	Denominación	Parámetro principal de diseño	Valor de parámetro	Material de construcción	Función
TK-201	Tanque de mezcla	Volumen	86,9 m ³	AISI 304	Mezcla
IC-201A	Intercambiador de calor	Área de transferencia	136,24m ²	AISI 304	Intercambio de calor
IC-201B	Intercambiador de calor	Área de transferencia	136,24m ²	AISI 304	Intercambio de calor
R-201A	Reactor	Volumen	70m ³	AISI 304	Reacción
R-201B	Reactor	Volumen	70m ³	AISI 304	Reacción
AG-201	Agitador del TK-201	Potencia	3kW	AISI 304	Agitar el tanque
AG-201A	Agitador del R-201A	Potencia	3,6kW	AISI 304	Agitar el reactor
AG-201B	Agitador del R-201B	Potencia	3,6kW	AISI 304	Agitar el reactor
P-201	Bomba centrífuga	Potencia	4,98kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-202	Bomba centrífuga	Potencia	4,98kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-203	Bomba centrífuga	Potencia	4,34kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-204	Bomba centrífuga	Potencia	4,34kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-205	Bomba centrífuga	Potencia	4,34kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-206	Bomba centrífuga	Potencia	4,34kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-207	Bomba centrífuga	Potencia	4,34kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-208	Bomba centrífuga	Potencia	4,34kW	AISI 304	Impulsión líquido

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 300 Zona de tratamiento de gases	Proyecto: Producción Ácido Adípico	
	Planta: Ácido Adípico			Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca				
Nº ITEM	Denominación	Parámetro principal de diseño	Valor de parámetro	Material de construcción	Función
TK-301A	Tanque de mezcla	Volumen	70 m ³	AISI304	Mezclar dos corrientes líquidas
TK-301B	Tanque de mezcla	Volumen	70 m ³	AISI304	Mezclar dos corrientes líquidas
AG-301A	Agitador del TK-301A	Potencia	52,5 KW	AISI304	Agitar el tanque
AG-301B	Agitador del TK-301B	Potencia	52,5 KW	AISI304	Agitar el tanque
IC-301	Intercambiador de calor	Área de transferencia	32,93 m ²	AISI304	Intercambio de calor
IC-302	Intercambiador de calor	Área de transferencia	5 m ²	AISI304	Intercambio de calor
TS-301	Torre de stripping	Volumen	3,58 m ³	AISI304	Arrastre de gases
TA-301	Torre de absorción	Volumen	6,13 m ³	AISI304	Recuperación de nítrico
E-301	Evaporador	Área de transferencia	1842,7m ²	AISI304	Intercambio de calor
CN-301A	Condensador	Área de transferencia	930,2 m ²	AISI 304	Condensar vapor
CN-301B	Condensador	Área de transferencia	930,2 m ²	AISI 304	Condensar vapor
TK-302A	Tanque de condensado	Volumen	26,2m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-302B	Tanque de condensado	Volumen	26,2m ³	AISI 304	Almacenamiento
P-301	Bomba centrífuga	Potencia	0,76 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-302	Bomba centrífuga	Potencia	0,76 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-303	Bomba centrífuga	Potencia	0,76 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-304	Bomba centrífuga	Potencia	0,76 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-305	Bomba centrífuga	Potencia	1,89 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-306	Bomba centrífuga	Potencia	1,89 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-307	Bomba centrífuga	Potencia	1,89 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-308	Bomba centrífuga	Potencia	1,89 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-309	Bomba centrífuga	Potencia	37,0 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-310	Bomba centrífuga	Potencia	37,0 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-311	Bomba centrífuga	Potencia	6,94 KW	AISI 304	Impulsión de líquido
P-312	Bomba centrífuga	Potencia	6,64 KW	AISI 304	Impulsión de líquido

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 300 Zona de tratamiento de gases	Proyecto: Producción Ácido Adípico	
	Planta: Ácido Adípico			Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca				
Nº ITEM	Denominación	Parámetro principal de diseño	Valor de parámetro	Material de construcción	Función
P-314	Bomba	Potencia	6,64 KW	AISI 304	Impulsión de liquido
CP-301	Compresor	Potencia	9,0 KW	Acero al carbono	Impulsión de gas
CP-302	Compresor	Potencia	9,0 KW	Acero al carbono	Impulsión de gas
CP-303	Compresor	Potencia	16,0 KW	Acero al carbono	Impulsión de gas
CP-304	Compresor	Potencia	16,0 KW	Acero al carbono	Impulsión de gas
CP-305	Compresor	Potencia	438,0 KW	AISI304	Impulsión de gas
CP-306	Compresor	Potencia	438,0 KW	AISI304	Impulsión de gas
CP-307	Compresor	Potencia	74,5 KW	AISI304	Impulsión de gas
CP-308	Compresor	Potencia	74,5 KW	AISI304	Impulsión de gas

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 400 Zona de obtención de subproductos y recuperación de catalizador	Proyecto: Producción Ácido Adípico	
	Planta: Ácido Adípico			Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca				
Nº ITEM	Denominación	Parámetro principal de diseño	Valor de parámetro	Material de construcción	Función
CD-401	Columna de destilación	Número de platos	5 platos	AISI 304	Separación
RE-401	Reboiler	Área de transferencia	482,56 m ²	AISI 304	Intercambio de calor
CN-401	Condensador	Área de transferencia	811,5 m ²	AISI 304	Condensar vapor
TK-401A	Tanque de destilado	Volumen	5,4 m ³	AISI 304	Almacenamiento
TK-401B	Tanque de destilado	Volumen		AISI 304	Almacenamiento
RS-401A	Resina de intercambio iónico	Capacidad equivalente	1,75 eq/l	AISI 304	Recuperación de catalizador
RS-401A	Resina de intercambio iónico	Capacidad equivalente	1,75 eq/l	AISI 304	Recuperación de catalizador
P-401	Bomba centrífuga	Potencia	1,53kW	AISI 304	Impulsión líquido
P-402	Bomba centrífuga	Potencia	1,53kW	AISI 304	Impulsión líquido

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 600 Zona de obtención de producto	Proyecto: Producción Acido Adípico	
	Planta: Acido Adípico			Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca				
Nº ITEM	Denominación	Parámetro principal de diseño	Valor de parámetro	Material de construcción	Función
CR-601A	Cristalizador tipo 1	Volumen	50 m ³	AISI 304	Cristalizar adípico
CR-601B	Cristalizador tipo 1	Volumen	50 m ³	AISI 304	Cristalizar adípico
CR-601C	Cristalizador tipo 1	Volumen	50 m ³	AISI 304	Cristalizar adípico
CR-601D	Cristalizador tipo 1	Volumen	50 m ³	AISI 304	Cristalizar adípico
CR-602A	Cristalizador tipo 2	Volumen	50 m ³	AISI 304	Cristalizar adípico
CR-602B	Cristalizador tipo 2	Volumen	50 m ³	AISI 304	Cristalizar adípico
C-601A	Centrífuga tipo 1	Caudal	18 Tn/h	AISI 304	Separar líquido y sólido
C-601B	Centrífuga tipo 1	Caudal	18 Tn/h	AISI 304	Separar líquido y sólido
C-601C	Centrífuga tipo 1	Caudal	18 Tn/h	AISI 304	Separar líquido y sólido
C-601D	Centrífuga tipo 1	Caudal	18 Tn/h	AISI 304	Separar líquido y sólido
C-602A	Centrífuga tipo 2	Caudal	6Tn/h	AISI 304	Separar líquido y sólido
C-602B	Centrífuga tipo 2	Caudal	6Tn/h	AISI 304	Separar líquido y sólido
CN-601	Condensador	$A_{intercambio}$	987 m ²	AISI 304	Condensar vapor
CN-602	Condensador	$A_{intercambio}$	179 m ²	AISI 304	Condensar vapor
TK-601A	Tanque de condensados	Volumen	1,13 m ³	AISI 304	Recoger el condensado
TK-601B	Tanque de condensados	Volumen	1,13 m ³	AISI 304	Recoger el condensado
TK-602A	Tanque de condensados	Volumen	0,49 m ³	AISI 304	Recoger el condensado
TK-602B	Tanque de condensados	Volumen	0,49 m ³	AISI 304	Recoger el condensado
T-601	Tanque de redisolución	Volumen	60 m ³	AISI 304	Disolver el adípico
P-601	Bomba centrífuga	Potencia	0,86 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-602	Bomba centrífuga	Potencia	0,86 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-603	Bomba centrífuga	Potencia	0,86 kW	AISI 304	Impulsar el fluido

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 600 Zona de obtención de producto	Proyecto: Producción Acido Adípico	
	Planta: Acido Adípico			Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca				
Nº ITEM	Denominación	Parámetro principal de diseño	Valor de parámetro	Material de construcción	Función
P-604	Bomba centrífuga	Potencia	0,86 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-605	Bomba centrífuga	Potencia	0,86 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-606	Bomba centrífuga	Potencia	0,86 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-607	Bomba centrífuga	Potencia	0,86 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-608	Bomba centrífuga	Potencia	0,86 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-609	Bomba centrífuga	Potencia	1,12 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-610	Bomba centrífuga	Potencia	1,12 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-611	Bomba centrífuga	Potencia	0,70 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-612	Bomba centrífuga	Potencia	0,70 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-613	Bomba centrífuga	Potencia	0,70 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-614	Bomba centrífuga	Potencia	0,70 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-615	Bomba centrífuga	Potencia	0,003 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-616	Bomba centrífuga	Potencia	0,003 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-617	Bomba centrífuga	Potencia	0,24 kW	AISI 304	Impulsar el fluido
P-618	Bomba centrífuga	Potencia	0,24 kW	AISI 304	Impulsar el fluido

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 700 Zona de purificación y almacenamiento de subproducto	Proyecto: Producción Ácido Adípico	
	Planta: Acido Adípico			Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca					
Nº ITEM	Denominación	Parámetro principal de diseño	Valor de parámetro	Material de construcción	Función
S-701	Secador	V_{gas}	3893 (g/s·m ²)	AISI 316	Extraer humedad
EF-701	Enfriador	V_{gas}	4601 (g/s·m ²)	AISI 316	Secar adípico
IC-701	Intercambiador	Átransf.	-	AISI 316	Intercambio de calor
IC-702	Intercambiador	Átransf.	-	AISI 316	Intercambio de calor
F-701A	Filtro de mangas	Luz malla	-	AISI 316	Retener partículas gas
F-701B	Filtro de mangas	Luz malla	-	AISI 316	Retener partículas gas
CL-701A	Ciclón	$\Delta P/eficacia$	2039N/m ² /99,3%	AISI 316	Retener partículas gas
CL-701B	Ciclón	$\Delta P/eficacia$	2039N/m ² /99,3%	AISI 316	Retener partículas gas
SI-701A	Silo	Volumen	50 m ³	AISI 316	Almacenar adípico
SI-701B	Silo	Volumen	50 m ³	AISI 316	Almacenar adípico
SI-701C	Silo	Volumen	50 m ³	AISI 316	Almacenar adípico
SI-701D	Silo	Volumen	50 m ³	AISI 316	Almacenar adípico
SI-701E	Silo	Volumen	50 m ³	AISI 316	Almacenar adípico
SI-701F	Silo	Volumen	50 m ³	AISI 316	Almacenar adípico
SI-701G	Silo	Volumen	50 m ³	AISI 316	Almacenar adípico

	TANQUES DE ALMACENAMIENTO		Ítem nº:	Aprobado:	
			Proyecto nº:	Área: 100	
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:		Fecha:
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1	De: 1	Pág nº: 1
Denominación: TK-101 A/B/C/D/E/F/G/H/I					
DATOS GENERALES					
Disposición	Vertical	Densidad (kg/m ³)	1250		
Diámetro interno, m	3.6	Peso recipiente vacío (kg)	8124,82		
Longitud, m	9	Peso recipiente lleno(kg)	94124,82		
Volumen total, m ³	100	Número de tanques	9		
DATOS DE DISEÑO					
Material de construcción	Acero inoxidable				
Producto	Ácido Nítrico (60% en peso)				
Temperatura de trabajo, K	25°C				
Presión de trabajo, bar	1 atm				
Presión de diseño, bar	1,82				
Fondo superior	Cónico				
Fondo inferior	Plano				
RELACIÓN DE CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO		
Marca	Tamaño	Denominación	Norma de diseño	API	
A	0,7m	Boca de hombre	Eficacia soldadura	Parcial	
B	0,7m	Boca de Hombre	Radiografiado	85%	
C		Venteo	Grosor pared cilindro, mm	10	
D		Sensor de nivel	Grosor fondo sup., mm Grosor fondo inf., mm	10	
E		Sensor de nivel de alta	Aislante	Material	
F	3in	Entrada Ácido Nítrico			
G	3in	Salida Ácido Nítrico		Grosor, mm	-

	TANQUES DE ALMACENAMIENTO		Ítem nº:	Aprobado:	
			Proyecto nº:	Área: 100	
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:	Fecha:	
	Localización: Zona Franca		Hoja:1 De: 1	Pág nº: 1	
Denominación: TK-102 A/B/C/D/E					
DATOS GENERALES					
Disposición	Vertical	Densidad (kg/m ³)	960		
Diámetro interno, m	3.6	Peso recipiente vacío (kg)	6496,25		
Longitud, m	9	Peso recipiente lleno(kg)	77746,25		
Volumen total, m ³	100	Número de tanques	5		
DATOS DE DISEÑO					
Material de construcción	Acero al carbono				
Producto	Ciclohexanol				
Temperatura de trabajo,K	25°C				
Presión de trabajo, bar	1 atm				
Presión de diseño, bar	1,62 atm				
Fondo superior	Cónico				
Fondo inferior	Plano				
RELACIÓN DE CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO		
Marca	Tamaño	Denominación	Norma de diseño	API	
A	0,7m	Boca de hombre	Eficacia soldadura	parcial	
			Radiografiado	85%	
B	0,7m	Boca de hombre	Grosor pared cilindro, mm	10	
C		Venteo	Grosor fondo sup., mm Grosor fondo inf., mm	10	
D		Sensor de nivel			
E		Sensor de nivel de alarma de alta	Aislante	Material	-
F	2in	Entrada ciclohexanol		Grosor, mm	-
G	2in	Salida ciclohexanol			

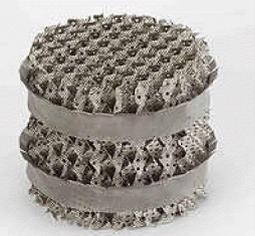
	TANQUES DE MEZCLA		Ítem nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 200
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:	Fecha:
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación: TK-201				
DATOS GENERALES				
Disposición	Vertical	Tiempo de residencia	0,1 horas	
Diámetro interno, m	3,92	Número de tanques	1	
Longitud, m	3,92	Disposición	-	
Volumen total, m ³	85,7			
DATOS DE DISEÑO				
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 304			
Producto	Corriente recirculación reactor R-201 A/B			
Temperatura de trabajo, °C	80			
Presión de trabajo, bar	1			
Presión de diseño, bar	1,31			
Fondo superior	Toriesférico			
Fondo inferior	Toriesferico			
RELACIÓN DE CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño	Denominación	Norma de diseño	ASME
A	3in	Entada ácido nítrico fresco	Eficacia soldadura	Parcial
B	12in	Entrada recirculación	Radiografiado	85%
C	12in	Entrada recirculación	Grosor cilindro, mm	6,4
D	12in	Salida (al reactor)	Grosor fondo sup., mm Grosor fondo inf., mm	3,7
E	12in	Salida (al reactor)	Aislante	Material
F	0,7m	Boca de hombre		Grosor, mm
G		Sensor de alarma de alta	OBSERVACIONES	
H		Sensor de nivel		
I		Sensor de alarma de baja		

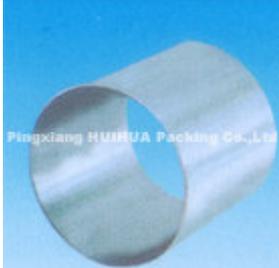
	REACTOR		Ítem nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 200
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño:	Fecha:
	Localización: Barcelona, Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación: Reactor de oxidación de ciclohexanol, R-201A/B			Cantidad: 2	
DATOS GENERALES				
Disposición	Vertical	Densidad del producto (kg/m ³)	1124.6	
Diámetro interno, m	3.96	Agitación	si	
Altura líquido, m	4.75	Numero de reactores	2	
Volumen líquido (m ³)	58.5	Disposición de reactores	Paralelo	
DATOS DE DISEÑO				
Productos	Ácido adípico, ácido glutárico, ácido succínico, agua, NO, N ₂ O, NO ₂			
Material de construcción	acero inoxidable 304			
Temperatura trabajo, K	357			
Presión de trabajo, bar	1.37			
Presión de diseño, bar	3.83			
Fondo superior	semiesférico			
Fondo inferior	semiesférico			
CAMISA				
Tipo	Media caña			
Diámetro de camisa (m)	0.0762			
Caudal de refrigeración (kg ³ /s)	11.16			
CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME
A	12"	Entrada de recirculación	Eficacia soldadura	Parcial
B	1'1/4"	Entrada de Ciclohexanol	Radiografiado	85%
C	12"	Salida del líquido de proceso	Grosor pared columna, mm	9.89
D	3"	Salida del gas	Grosor fondo sup., mm Grosor fondo inf., mm	6.6
E		Entrada de gas	Aislante	Material Panel PI-156
F		Sensor presión		
G		Sensor temperatura	OBSERVACIONES	
H		Boca de hombre		
I		Salida del gas de emergencia		
J		Entrada de media caña		
K		Salida de media caña		
L		Sensor de nivel		
M		Sensor de nivel baja		
N		Sensor de nivel alta		

	INTERCAMBIADOR DE CALOR		Ítem nº:	Aprobado:	
			Proyecto nº:	Área: 200	
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:	Fecha:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1	
Denominación: IC-201 A/B			Número unidades: 2		
Función: acondicionar la corriente de recirculación antes de la entrada al reactor R-201 A/B					
DATOS DE OPERACIÓN					
	Carcasa		Tubos		
Caudal, kg/s	23		73,52		
Temperatura entrada, °C	5		80		
Temperatura salida, °C	30,15		50		
ΔT_{ml} , °C			46,44		
U, W/m ² °C			381,19		
Calor intercambiado, kW			2443,8		
Superficie intercambio, m ²			138,49		
Configuración			4:2		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN					
	Carcasa		Tubos		
Material	Acero inoxidable AISI 304		Acero inoxidable AISI 304		
Diámetro interno, m	0,689		0,016		
Grosor, mm	0,0057		0,002		
Longitud, m			4,88		
Disposición tubos			Triangular		
Número tubos			460		
CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO		
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME	
A	6	Entrada carcasa	Eficacia soldadura	Parcial	
B	6	Salida carcasa	Radiografiado	85%	
C	12	Entrada a tubos	Aislante	Material	-
D	12	Salida tubos		Grosor, mm	-
			OBSERVACIONES		

	INTERCAMBIADOR DE CALOR		Ítem nº:	Aprobado:	
			Proyecto nº:	Área: 300	
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:	Fecha:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1	
Denominación: IC-301			Número de unidades: 1		
Función: calentar la corriente de aire 14 de entrada en la torre de stripping TS-301					
DATOS DE OPERACIÓN					
	Carcasa		Tubos		
Caudal, kg/s	0,8		2,08		
Temperatura entrada, °C	13		85,1		
Temperatura salida, °C	70		63,15		
ΔT_{ml} , °C			27,74		
U, W/m ² °C			50,32		
Calor intercambiado, kW			45,68		
Superficie intercambio, m ²			32,94		
Configuración			2:1		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN					
	Carcasa		Tubos		
Material	Acero inoxidable AISI 304		Acero inoxidable AISI 304		
Diámetro interno, m	0,46		0,021		
Grosor, mm	0,0057		0,002		
Longitud, m			3,66		
Disposición tubos			triangular		
Número tubos			116		
CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO		
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME	
A	3	Entrada carcasa	Eficacia soldadura	Parcial	
B	3	Salida carcasa	Radiografiado	85%	
C	5	Entrada a tubos	Aislante	Material	Panel PI-156
D	5	Salida tubos		Grosor, mm	30
OBSERVACIONES					

	INTERCAMBIADOR DE CALOR		Ítem nº:	Aprobado:	
			Proyecto nº:	Área: 300	
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:	Fecha:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca		Hoja:1 De: 1	Pág nº: 1	
Denominación: IC-302			Número de unidades: 1		
Función: Enfriar la corriente 12 de gases que se dirige a la torre de absorción TA-301.					
DATOS DE OPERACIÓN					
	Carcasa		Tubos		
Caudal, kg/s	0,7		2,08		
Temperatura entrada, °C	5		63,15		
Temperatura salida, °C	30,33		40		
ΔTmI, °C			33,22		
U, W/m ² °C			293, 5		
Calor intercambiado, kW			75,57		
Superficie intercambio, m ²			5		
Configuración			4:2		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN					
	Carcasa		Tubos		
Material	Acero inoxidable AISI 304		Acero inoxidable AISI 304		
Diámetro interno, m	0,31		0,026		
Grosor, mm	0,0057		0,002		
Longitud, m			2,44		
Disposición tubos			Triangular		
Número tubos			24		
CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO		
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME	
A	3/8	Entrada carcasa	Eficacia soldadura	Parcial	
B	3/8	Salida carcasa	Radiografiado	85%	
C	5	Entrada a tubos	Aislante	Material	-
D	5	Salida tubos		Grosor, mm	-
			OBSERVACIONES		

	TORRE DE ABSORCION		Ítem nº: TA-301	Aprobado:	
			Proyecto nº:	Área: 300	
	Planta: Producción ácido adípico	Diseño:	Fecha:		
	Localización: Zona Franca	Hoja: 1 De:1	Pág nº: 1		
Denominación: Columna de absorción			Cantidad: 1		
DATOS GENERALES					
Datos de la columna			Datos del relleno		
Diámetro, m	0,9		Tipo de relleno	Mellapak	
Altura cilindre, m	7,0		Inclinación, °	45	
Peso vacío, kg	1412		Material	AISI 304	
Peso operación, kg	7700		Área superficial, m ² /m ³	250	
Bocas de hombre, n°	4				
DATOS DE DISEÑO					
Material de construcción	AISI 304		Distribuidores liquido	3	
Temperatura cabeza, °C	40		Tipo distribuidor	Orificio	
Temperatura cola, °C	40		Nº Suportes relleno	3	
Temperatura diseño, °C	40		Nº de camisas	2	
Presión trabajo cabeza, bar	6,00		Altura de la camisa	1,02	
Presión trabajo cola, bar	6,03		Diámetro media caña, in	1"	
Presión diseño, bar	8,01		Espacio entre tubos, in	1"	
			U, Kcal · m ⁻² · h ⁻¹	400	
RELACIÓN DE CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO		
Marca	Tamaño	Denominación	T (°C)	Norma de diseño	ASME
A	8"	Entrada de líquido	40	Tratamiento térmico	NO
B	5"	Salida de gas	40	Radiografiado	0,85
C	5"	Entrada gas	40	Eficacia soldadura	parcial
D	8"	Salida de líquido	40	Grosor pared columna, mm	5,70
				Tipo de fondo	Semiesférico
				Grosor fondo sup., mm	8,00
				Grosor fondo inf., mm	
			Aislante	Material	-
				Grosor, mm	-

	TORRE DE STRIPPING			Ítem nº: TS-301	Aprobado:	
				Proyecto nº:	Área: 300	
	Planta: Producción ácido adípico			Diseño:	Fecha:	
	Localización: Zona Franca			Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1	
Denominación: Columna de stripping				Cantidad: 1		
DATOS GENERALES						
Datos de la columna			Datos del relleno			
Diámetro, m	0,90		Tipo de relleno	Anillos Raschig		
Altura cilindro, m	4,00		Tamaño, mm	76*76*1,0		
Peso vacío, kg	622		Número piezas	6840		
Peso operación, kg	4200		Material	AISI 304		
Bocas de hombre ,nº	3		Área superficial, m ² /m ³	68		
DATOS DE DISEÑO						
Material de construcción	AISI 304		Distribuidores liquido	2		
Temperatura cabeza, °C	70		Tipo distribuidor	Orificio		
Temperatura cola, °C	70		Nº Soportes relleno	2		
Temperatura diseño, °C	70		Altura de la camisa, m	0,50		
Presión trabajo cabeza, bar	1,41		Diámetro media caña, in	3/4		
Presión trabajo cola, bar	1,01		Espacio entre tubos, in	1		
Presión diseño, bar	1,70		U, Kcal · m ⁻² · h ⁻¹	200		
RELACIÓN DE CONEXIONES				DETALLES DE DISEÑO		
Marca	Tamaño	Denominación	T (°C)	Norma de diseño	ASME	
A	12(in)	Entrada de líquido	70	Tratamiento térmico	NO	
B	12(in)	Salida de aire	70	Radiografiado	0,85	
C	12(in)	Entrada de líquido	70	Eficacia soldadura	parcial	
D	10(in)	Entrada de aire	70	Grosor pared columna, mm	5,70	
E	12(in)	Salida de líquido	70	Tipo de fondo	Semiesférico	
F	12(in)	Salida de aire	70	Grosor fondo sup., mm Grosor fondo inf., mm	5,70	
				Aislante	Material	
					Grosor, mm	Panel PI-156
						30

	TANQUES DE MEZCLA		Ítem nº:	Aprobado:	
			Proyecto nº:	Área: 300	
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:	Fecha:	
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 De:	Pág nº: 1	
Denominación: TK-301 A/B					
DATOS GENERALES					
Disposición	Vertical	Tiempo de residencia	0,17 horas		
Diámetro interno, m	4,5	Número de tanques	2		
Longitud, m	4,5	Disposición	-		
Volumen total, m ³	71,6				
DATOS DE DISEÑO					
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 304				
Producto	Corriente mezcla licor madre y recuperación HNO ₃				
Temperatura de trabajo, °C	70				
Presión de trabajo, bar	1				
Presión de diseño, bar	1,4				
Fondo superior	Toriesférico				
Fondo inferior	Toriesferico				
RELACIÓN DE CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO		
Marca	Tamaño	Denominación	Norma de diseño	ASME	
A	12in	Entrada licor madre	Eficacia soldadura	Parcial	
			Radiografiado	85%	
B	6in	Entrada recuperación HNO ₃	Grosor cilindro, mm	8,00	
C	12in	Salida producto	Grosor fondo sup., mm Grosor fondo inf., mm	3,5	
D		Sensor de nivel de alarma de alta	Aislante	Material	Panel PI-156
E	0,6m	Boca de hombre		Grosor, mm	30
F		Sensor de nivel de alarma de baja			
G		Sensor de presión			

	EVAPORADOR		Ítem nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 300
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño:	Fecha:
	Localización: Barcelona, Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación: E-301				
Función: Evaporación de agua				
Productos manipulados: Ácido adípico, ácido Succínico, ácido Glutárico, agua, ácido Nítrico y vapor de agua				
DATOS DE OPERACIÓN				
	Carcasa		Tubos	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida
			Vapor	Líquido
Caudal total, kg/s	31.9		180	40.1 139.9
Temperatura, °C	120		70	80
Presión de trabajo, bar	2		0.37	
ΔT_{ml}, °C	22.42			
U, (w/m²°C)	1741,6			
Calor intercambiado (w/m²)	39068,042			
Superficie intercambio, m²	1842,67			
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
	Carcasa		Tubos	
Temperatura trabajo, K	120		80	
Presión de diseño, bar	2.7		1.37	
Material	Acero inoxidable 304		Acero inoxidable 304	
Diámetro interno, m	2.03		0.046	
Grosor, mm	14.9		2	
Longitud, m	8			
Disposición	Vertical			
CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME
A	12"	Entrada del líquido de proceso	Eficacia soldadura	parcial
B	12"	Entrada de vapor a alta	Radiografiado	85%
C	10"	Salida de vapor a alta	Aislante	Material
D	12"	Salida del líquido de proceso		Grosor, mm
E		Salida del vapor de proceso	OBSERVACIONES: Las entradas y salidas del líquido de proceso al evaporador se hacen en dos tuberías idénticas, pues el caudal es elevado	
F		Sensor de temperatura		

	CONDENSADOR		Ítem nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 300
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:	Fecha:
	Localización: Barcelona, Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación: CN-301 A/B			Número unidades: 2	
Función: Condensar totalmente la corriente de cabezas del evaporador E-301 y subenfriarla hasta la temperatura a la que opera la torre de absorción TA-301.				
DATOS DE OPERACIÓN				
	Carcasa		Tubos	
Caudal, kg/s	20,15		440	
Temperatura entrada, °C	80		5	
Temperatura salida, °C	40		30,9	
ΔTmI, °C	39,98			
U, W/m ² °C	1107,34			
Calor intercambiado, kW	48158,5			
Superficie intercambio, m ²	1073			
Configuración	4:2			
Disposición	Horizontal			
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
	Carcasa		Tubos	
Material	Acero inoxidable AISI 304		Acero inoxidable AISI 304	
Diámetro interno, m	1,66		0,021	
Grosor, mm	0,0057		0,002	
Longitud, m	6,10			
Disposición tubos	triangular			
Número tubos	2260			
CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME
A	12	Salida tubos	Eficacia soldadura	Parcial
B	12	Entrada tubos	Radiografiado	85%
C	6	Salida carcasa	Aislante	Material
D	12	Entrada carcasa		Grosor, mm
E	1 ¼	Conexión línea de vacío		
F		Sensor temperatura		

	TANQUES		Ítem nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 300
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:	Fecha:
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación: TK-302 A/B				
DATOS GENERALES				
Disposición	Vertical	Tiempo de residencia	0,1 horas	
Diámetro interno, m	2,64	Número de tanques	2	
Longitud, m	2,64	Disposición	Paralelo	
Volumen total, m ³	26,20			
DATOS DE DISEÑO				
Material de construcción	Acero inoxidable AISI 304			
Producto	Condensados cabezas evaporador E-301			
Temperatura de trabajo, °C	40			
Presión de trabajo, bar	0,37			
Presión de diseño, bar	0,56			
Fondo superior	Toriesférico			
Fondo inferior	Toriesferico			
RELACIÓN DE CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME
A	12	Entrada	Eficacia soldadura	Parcial
B	1/2	Conexión línea de vacío	Radiografiado	85%
C		Sensor de nivel	Grosor pared columna, mm	8,5
D		Conexión a la atmósfera	Grosor fondo sup., mm Grosor fondo inf., mm	3,7
E		Salida	Aislante	Material
				Grosor, mm
OBSERVACIONES				

	COLUMNA DESTILACIÓN		Ítem nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 400
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño:	Fecha:
	Localización: Barcelona, Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación: CD-401			Cantidad: 1	
DATOS GENERALES				
Datos de la columna			Datos de plato	
Diámetro Rectificación, m	1.32		Tipo de plato	Platos perforados
Diámetro agotamiento, m	1.35		Distancia entre platos (m)	0.8
Altura, m	5.5		Número de platos	5
Peso vacío, kg	2774.85		Material	Acero inoxidable 304
DATOS DE DISEÑO				
Material de construcción	acero inoxidable 304		Presión trabajo cabeza, atm	0.13
Temperatura cabeza, K	334		Presión colas, atm	0.20
Temperatura cola, K	411		Fracción molar del LK en cabeza	0.3
Relación reflujo	0.5		Fracción másica del LK en cola	0.67
			Eficacia columna	0.99
RELACIÓN DE CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME
A	4"	Entrada de alimentación	Eficacia soldadura	parcial
B	12"	Salida de cabeza	Radiografiado	85%
C	3"	Entrada de cabeza	Grosor pared columna, mm	0.016
D	12"	Entrada de cola	Tipo de fondo	semiesférico
E	6"	Salida de cola	Grosor fondo sup., mm Grosor fondo inf., mm	149
F		Sensor temperatura	Aislante	Material BX-SPINTEX 613-40
G		Sensor temperatura		

	CONDENSADOR		Ítem nº:	Aprobado:	
			Proyecto nº:	Área: 400	
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:	Fecha:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1	
Denominación: CN-401			Número unidades:1		
Función: Condensar totalmente la corriente de cabezas de la torre de destilación CD-401					
DATOS DE OPERACIÓN					
	Carcasa		Tubos		
Caudal, kg/s	150		8,88		
Temperatura entrada, °C	5		61		
Temperatura salida, °C	31,46		61		
ΔTmI, °C			41,36		
U, W/m ² °C			498,59		
Calor intercambiado, kW			16874,25		
Superficie intercambio, m ²			811,15		
Configuración			1:1		
Disposición			Vertical		
DATOS DE CONSTRUCCIÓN					
	Carcasa		Tubos		
Material	Acero inoxidable AISI 304		Acero inoxidable AISI 304		
Diámetro interno, m	1,16		0,012		
Grosor, mm	0,0057		0,002		
Longitud, m			6,10		
Disposición tubos			triangular		
Número tubos			2670		
CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO		
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME	
A	12	Entrada carcasa	Eficacia soldadura	Parcial	
B	12	Salida carcasa	Radiografiado	85%	
C	12	Entrada tubos	Aislante	Material	-
D	4	Salida tubos		Grosor, mm	-
E	1 1/4	Conexión línea de vacío			
F		Sensor de presión			

	TANQUES		Ítem nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 400
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño:	Fecha:
	Localización: Zona Franca		Hojas: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación: TK-401 A/B			Cantidad: 2	
DATOS GENERALES				
Disposición	Vertical	Tiempo de residencia	0,1 horas	
Diámetro interno, m	1,56	Número de tanques	2	
Longitud, m	1,56	Disposición	Paralela	
Volumen total, m ³	5,40			
DATOS DE DISEÑO				
Material de construcción	Acero Inoxidable AISI 304			
Producto	Condensados de cabezas de la torre de destilación			
Temperatura de trabajo, °C	61			
Presión de trabajo, bar	0,13			
Presión de diseño, bar	0,25			
Fondo superior	Toriesférico			
Pondo inferior	Toriesférico			
RELACIÓN DE CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME
A	12	Entrada	Eficacia soldadura	100%
B	1/2	Conexión línea de vacío	Grosor pared columna, mm	9,1
C		Sensor de nivel	Grosor fondo sup., mm Grosor fondo inf., mm	3,7
D		Conexión a la atmósfera	Aislante	Material
E		Salida		Grosor, mm
OBSERVACIONES				

	REBOILER		Ítem nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 400
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño:	Fecha:
	Localización: Barcelona, Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación: RE-401				
Función: Reboiler de la columna de destilación				
Productos manipulados: vapor de				
DATOS DE OPERACIÓN				
	Carcasa		Tubos	
Caudal total, kg/h				
Temperatura, K	473		411	
Presión de trabajo, bar	10		0.36	
ΔT_{ml} , °C	72			
U,(w/m ² C)	450			
Calor intercambiado, (w/m ²)	30857,14			
Superficie intercambio, m ²	482			
DATOS DE CONSTRUCCIÓN				
	Carcasa		Tubos	
Temperatura trabajo, K	473		411	
Presión de diseño, bar	12		2.36	
Material	Acero inoxidable		Acero inoxidable	
Diámetro interno, m	1.3		0.046	
Grosor, mm	465		2	
Longitud	4.5		4.2	
Disposición	Horizontal			
CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño	ASME
A		Sensor de nivel	Eficacia soldadura	parcial
B	4"	Salida del vapor condensado	Radiografiado	85%
C	6"	Entrada del líquido de proceso	Aislante	Material BX-SPINTEX 613- 40
D	24"	Entrada de vapor		
E	1'1/4"	Salida del líquido de proceso	OBSERVACIONES	
F	12"	Salida del vapor de proceso		

	RESINA		Ítem nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 400
	Planta: Producción Ácido Adípico		Diseño:	Fecha:
	Localización: Barcelona, Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación: RS-401A/B			Cantidad: 2	
DATOS GENERALES				
Disposición		Horizontal	Densidad (g/l)	
Longitud, m		0.6	Capacidad(eq/l)	
Diámetro interno, m		0.178	Numero de reactores	
Tipo		catiónica	Disposición de reactores	
DATOS DE DISEÑO				
Material de construcción		acero inoxidable 304		
Temperatura trabajo, K		411		
Presión de trabajo, bar		1		
Presión de diseño, bar		3		
CONEXIONES			DETALLES DE DISEÑO	
Marca	Tamaño(in)	Denominación	Norma de diseño ASME	
A	1 1/4"	Entrada para de líq. a regenerar	Eficacia soldadura	Parcial
B	1 1/4"	Salida para de líq. a regenerar	Radiografiado	85%
C	1/4"	Entrada de líq. Regenerante	Grosor pared columna, mm	5.7
D	1/4"	Salida de líq. Regenerante	Grosor fondo., mm	5.7
E	-	Sensor de conductividad	Aislante	Material
				Grosor, mm
				BX-SPINTEX 613-40
				80

	CRISTALIZADOR			Ítem n°:	Aprobado:	
				Proyecto n°:	Área: 600	
	Planta: Producción ácido adípico			Diseño: Adipic Manufacturer		Fecha:
	Localización: Zona Franca			Hoja: 1	De: 1	Pág n°: 1
Denominación		Cristalizador				
DATOS GENERALES						
Peso vacío, Kg	10539	Diámetro cilindro, m	3,5	Altura cono, m	3	
Peso operación, Kg	60539	Altura cilindro, m	4	Densidad, Kg/m ³	1050	
Capacidad, m ³	50	Diámetro pequeño cono, m	0,7	Producto	Ácido adípico	
Posición	Vertical	Longitud cono, m	3,3			
DATOS DE DISEÑO						
Materiales de construcción			AISI-304			
Temperatura de trabajo, °C			35			
Temperatura de diseño, °C			35			
Presión de trabajo interna, mmHg			30			
Presión de trabajo externa, mmHg			760			
Presión de diseño interna, mmHg			30			
Presión de diseño externa, mmHg			760			
Grosor, mm			18,8			
AGITADOR						
Tipo de agitador			Marine propeller			
Diámetro del impulsor, m			1,155			
Velocidad de agitación, rpm			60			
Potencia absorbida, Kw			1,282			
CAMISA						
Altura camisa en cilindro, m			2			
Altura camisa en cono, m			1,2			
Número de tubos			8			
Diámetro de paso, m			0,252			
RELACIÓN DE CONEXIONES				<i>DETAILS DE DISSENY</i>		
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME	
A	0,15	Entrada alimento	75	Tractamiento térmico	No	
B	0,05	Salida vapor	35	Radiografía	0,85	
C	0,15	Salida producto	35	Eficacia soldadura	Parcial	
D	-	Sensor nivel	-	Volumen cilindro, m ³	37,5	
E	-	Sensor presión	-	Volumen cono, m ³	12,5	
F	-	Sensor temperatura	-			
G	0,7	Boca hombre	-			

	CENTRÍFUGA			Ítem nº:	Aprobado:
				Proyecto nº:	Área: 600
	Planta: Producción ácido adípico	Diseny: Adipic Manufacturer		Fecha:	
	Localización: Zona Franca	Hoja: 1	De: 1	Pág nº: 1	
Denominación		Centrífuga P-50			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	2800	Longitud, m	2,5	Diámetro cesta, mm	500
Peso operación, Kg	2800	Altura, m	1,34	Funcionamiento	Continuo
Capacidad, Tn/h	18	Profundidad, m	1,4	Velocidad rotor máx, 1/min	2100
Producto	Ácido adípico			Frecuencia pusher máx, 1/min	80 (variable)
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI-304		
Posición			Horizontal		
Temperatura de trabajo, °C			35		
Temperatura de diseño, °C			35		
Presión de trabajo, atm			1		
Presión de diseño, atm			1		
Observaciones:					
					

	CRISTALIZADOR			Ítem nº:	Aprobado:
	Planta: Producción ácido adípico			Proyecto nº:	Área: 600
	Localización: Zona Franca			Diseño: Adipic Manufacturer	Fecha:
				Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación		Cristalizador			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	8890	Diámetro cilindro, m	3,5	Altura cono, m	3
Peso operación, Kg	58890	Altura cilindro, m	4	Densidad, Kg/m ³	833
Capacidad, m ³	50	Diámetro pequeño cono, m	0,5	Producto	Ácido adípico
Posición	Vertical	Longitud cono, m	3,3		
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI-304		
Temperatura de trabajo, °C			55		
Temperatura de diseño, °C			55		
Presión de trabajo interna, mmHg			90		
Presión de trabajo externa, mmHg			760		
Presión de diseño interna, mmHg			90		
Presión de diseño externa, mmHg			760		
Grosor, mm			15,6		
AGITADOR					
Tipo de agitador			Marine propeller		
Diámetro del impulsor, m			1,155		
Velocidad de agitación, rpm			60		
Potencia absorbida, Kw			0,875		
CAMISA					
Altura camisa en cilindro, m			3		
Altura camisa en cono, m			1,5		
Número de tubos			12		
Diámetro de paso, m			0,252		
RELACIÓN DE CONNEXIONES				DETALLS DE DISSENY	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	0,15	Entrada alimento	80	Tractamiento térmico	No
B	0,05	Salida vapor	55	Radiografía	0,85
C	0,15	Salida producto	55	Eficacia soldadura	Parcial
D	-	Sensor nivel	-	Volumen cilindro, m ³	37,5
E	-	Sensor presión	-	Volumen cono, m ³	12,5
F	-	Sensor temperatura	-		
G	0,7	Boca hombre	-		

	CENTRÍFUGA			Ítem nº:	Aprobado:
				Proyecto nº:	Área: 600
	Planta: Producción ácido adípico	Disseny: Adipic Manufacturer		Fecha:	
	Localización: Zona Franca	Hoja: 1	De: 1	Pág nº: 1	
Denominación	Centrífuga P-32				
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	2000	Longitud, m	2,2	Diámetro cesta, mm	320
Peso operación, Kg	2000	Altura, m	1,06	Funcionamiento	Continuo
Capacidad, Tn/h	6	Profundidad, m	1,15	Velocidad rotor máx, 1/min	2900
Producto	Ácido adípico			Frecuencia pusher máx, 1/min	80 (variable)
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI-304		
Posición			Horizontal		
Temperatura de trabajo, °C			55		
Temperatura de diseño, °C			55		
Presión de trabajo, atm			1		
Presión de diseño, atm			1		
Observaciones:					
					

	TANQUE			Ítem nº:	Aprobado:
				Proyecto nº:	Área: 600
	Planta: Producción ácido adípico	Diseño: Adipic manufacturer		Fecha:	
	Localización: Zona Franca	Hoja:	De:	Pág nº:	
Denominación	Tanque de redisolución				
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	4034,91	Posición	Vertical	Densidad, Kg/m ³	
Peso operación, Kg	12434,91	Altura, m	4	Viscosidad, kg/s·m	
Capacidad, m ³	60	Diámetro, m	4	Producto	Ácido adípico
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI-304		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			80		
Temperatura de diseño, °C			80		
Presión de trabajo interna, atm			1		
Presión de trabajo externa, atm			1		
Presión de diseño interna, atm			1		
Presión de diseño externa, atm			1		
Presión de prueba, atm			1,1		
Grosor, mm			8		
AGITADOR					
Tipo de agitador			Turbina axial		
Diámetro del impulsor, m			1,4		
Velocidad de agitación, rpm			60		
Potencia absorbida, kW			37,799		
SERPENTÍN					
Diámetro, m			0,05		
Longitud, m			39		
Número de vueltas			5		
RELACIÓN DE CONEXIONES				<i>DETALLES DE DISEÑO</i>	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	0,6	Entrada producto	35	Tractamiento térmico	No
B	-	Sensor temperatura	-	Radiografía	0,85
C	-	Alarma alta nivel	-	Eficacia soldadura	Parcial
D	-	Alarma baja nivel	-	Volumen, m ³	60
E	0,3	Salida producto	80		
F	0,15	Entrada agua	20		
G	0,7	Boca hombre	-		

	SILO			Ítem nº:	Aprobado:
	Planta: Producción ácido adípico			Proyecto nº:	Área: 700
	Localización: Zona Franca			Diseño: Adipic Manufacturer	Fecha:
				Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1
Denominación		Silo de almacenaje			
DATOS GENERALES					
Peso vacío, Kg	5394,74	Diámetro cilindro, m	3,5	Altura cono, m	3
Peso operación, Kg	70394,74	Altura cilindro, m	4	Densidad, Kg/m ³	650
Capacidad, m ³	50	Diámetro pequeño cono, m	0,35	Producto	Ácido adípico
Posición	Vertical	Longitud cono, m	3,38		
DATOS DE DISEÑO					
Materiales de construcción			AISI-316		
Posición			Vertical		
Temperatura de trabajo, °C			20		
Temperatura de diseño, °C			20		
Presión de trabajo interna, atm			1		
Presión de trabajo externa, atm			1		
Presión de diseño interna, atm			1		
Presión de diseño externa, atm			1		
Grosor, mm			6,4		
RELACIÓN DE CONEXIONES				<i>DETALLS DE DISSENY</i>	
Marca	Tamaño	Denominación	Temp. (°C)	Norma de diseño	ASME
A	0,3	Entrada producto	20	Tractamiento térmico	No
B	-	Sensor nivel	-	Radiografía	0,85
C	0,28	Salida producto	20	Eficacia soldadura	Parcial
D	0,7	Boca hombre	-	Volumen cilindro, m ³	39
				Volumen cono, m ³	11

	CALDERA		Ítem nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 800
	Planta: Producción ácido adípico	Diseño:	Fecha:	
	Localización: Zona Franca	Hoja: 1 De: 1	Pág nº: 1	
Denominación: Caldera de gas natural			Cantidad: 7	
Finalidad: proporcionar vapor de alta a una temperatura de 180 °C				
CARACTERÍSTICAS DE LA CALDERA				
Marca	Bono Energia	Caudal de vapor, kg/h	25000	
Modelo	SG-2500	Presión de diseño, bar	15	
Material de construcción	Acero inoxidable	Presión de proceso, bar	12,01	
Peso vacío, kg	53200	Consumo de gas natural, Nm ³ /h	1732	
DIMENSIONES				
	Longitud, m	10,65		
	Anchura, m	4,0		
	Altura, m	4,1		
OBSERVACIONES				
				

	ESTACIÓN TRANSFORMADORA		Item nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 800
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño	Fecha:
	Localización: Zona Franca		Hoja:1 De:1	Pág nº: 1
DATOS GENERALES				
Denominación: estación transformadora			Cantidad: 17	
Servicio: transformación de la electricidad que proviene de la red de media tensión (20 kV) a baja tensión (380 V)				
CARACTERÍSTICAS				
Marca comercial: ORMAZÁBAL			Modelo: PF-5 con 2 transformadores	
Descripción: centro modular, estructura monobloque con envolvente de hormigón				
Potencia unitaria máxima/transformador: 1000 kVA				
Tensión máxima de entrada: 24 kV				
<i>DESCRIPCIÓN FÍSICA</i>				
Dimensiones, m:		Anchura: 2,38		
		Longitud: 6,08 m		
		Altura: 3,45		
Superficie: 14,5 m ²				
Peso: 17000 kg				
OBSERVACIONES:				
				

	GRUPO ELECTRÓGENO		Item nº:	Aprobado:
			Proyecto nº:	Área: 800
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño	Fecha:
	Localización: Zona Franca		Hoja: 1 De: 1	Pág nº:
DATOS GENERALES				
Denominación: grupo electrógeno			Cantidad: 16	
Servicio: proporciona electricidad a los equipos básicos, en caso de fallo en el suministro general				
CARACTERÍSTICAS				
Marca comercial: Himoinsa			Modelo: Centauro HPW-2000 T5	
Descripción: modelo insonorizado				
Potencia: 2.067				
Velocidad: 1500 rpm				
Frecuencia: 50 Hz				
<i>MOTOR</i>				
Voltaje: 400 V				
Intensidad: 650 A				
Tipo de motor: 4016-TAG2				
<i>DESCRIPCIÓN FÍSICA</i>				
Peso: 13.000 kg				
Dimensiones:		Anchura: 2,80 m		
		Longitud: 5,70 m		
		Altura: 3,50 m		
Combustible: Diesel				
Depósito: 0,429 m³				
				

3. CONTROL E

INSTRUMENTACIÓN

ÍNDICE

- 3.1 Introducción a los lazos de control
 - 3.1.1 Tipos de lazos de control
 - 3.1.2 Entrada y salida en el control
 - 3.1.3 Elementos del lazo de control
 - 3.1.4 Nomenclatura de los lazos de control

- 3.2 Lista de instrumentación y control

- 3.3 Descripción y diagramas de los lazos de control
 - 3.3.1 Control de los reactores (R-201 R-202)
 - 3.3.2 Control de los tanques de almacenamiento de materias primas (TK-101A/B/C/D/E/F/G/H/I, TK-102A/B/C/D/E)
 - 3.3.3 Control de los tanques de mezcla (TK-201)
 - 3.3.4 Control de los tanques de almacenamiento intermedio (TK302A/302B/401A/401B/601A/601B/602A/602B)
 - 3.3.5 Control de la columna de destilación (CD-401)
 - 3.3.6 Control de la resina (RS-401A/B)
 - 3.3.7 Control del evaporador (E-301)
 - 3.3.8 Control de los intercambiadores de calor (IC-201/202)
 - 3.3.9 Control del tanque de mezcla (TK-301A/301B)
 - 3.3.10 Control de la torre de stripping (TS-301)
 - 3.3.11 Control de la zona de la mezcla de los gases y oxidación del NO
 - 3.3.12 Control de la torre de absorción (TA-301)
 - 3.3.13 Control de cristalizadores (CR-601A/601B/601C/601D/602A/602B)
 - 3.3.14 Control del tanque de redisolución (T-601)
 - 3.3.15 Control de las centrífugas
 - 3.3.16 Control del secador y el enfriador
 - 3.3.17 Control de los silos

- 3.4 Hoja de especificaciones

3.1 Introducción a los lazos de control

Los lazos de control son necesarios en cualquier proceso industria.

Los lazos de control son sistemas que permiten mantener una cierta variable controlada (temperatura, caudal, presión, etc.), en torno a un valor determinado llamado set-point o valor de consigna, fijado por nosotros. Gracias a estos sistemas, se puede asegurar el buen funcionamiento del proceso y de las diferentes partes de la planta, de manera que no suponga ningún peligro para el personal, ni para los equipos, ni para la producción en sí. Además sirve para optimizar el proceso de manera que se incremente la producción o se mantenga al nivel que se necesita con el fin de no malgastar reactivos y/o energía.

3.1.1 Tipos de lazos de control

Existen diferentes tipos de lazos de control:

- **Control feed-back:** Es el tipo de control más utilizado. Se basa en la diferencia que hay entre el valor real que se está controlando y el valor de consigna, y actuar en base a esta diferencia, es decir, actuar en base al error. Todos los lazos de control instalados en la nuestra planta son de este tipo.
- **Control feed-forward:** Este tipo de control se basa en la medida de una variable directamente relacionada con la variable que se quiere controlar. Esto significa que se anticipa al error, por eso también se llama control anticipativo. Este tipo de control permite anticiparse al error, pero, por contrapartida, necesita un conocimiento muy preciso y exacto del proceso.

3.1.2 Entrada y salida en el control

- **Entrada:** Es la señal que recibe el sistema de control.
- **Salida:** Es la señal que envía el sistema de control a los elementos finales de control.

Estas entradas y salidas pueden ser de tipo analógico o digital:

- **Entrada analógica:** Es una señal que recibe el sistema y tiene una variación dentro de un rango determinado. Ejemplo: valor de temperaturas, nivel, etc.
- **Entrada digital:** Es una señal que recibe el sistema que coge el valor de activado o desactivado. Ejemplo: sensores de nivel mínimo.

- **Salida analógica:** Es una señal que envía el controlador al elemento final de control. La señal que se envía a una válvula de control es una salida analógica, ya que esta es un rango de obertura de la válvula.
- **Salida digital:** Es una señal binaria enviada a un elemento final de control. Ejemplo: válvula todo o nada.

3.1.3 Elementos del lazo de control

- **Controlador:** Se encarga de hacer cumplir la ley de control para la que se ha programado. En un tipo de control feed-back este control se encarga de mantener el error a cero, ya que esto significa que la señal se mantiene cerca del valor de consigna. Éste envía una señal, normalmente eléctrica, al transductor.
- **Transductor:** Es el paso intermedio entre el controlador y el elemento final de control. Se encarga de enviar una señal que el elemento final de control sea capaz de leer. Es decir, transforma la señal eléctrica que le llega del controlador en, por ejemplo, señal neumática para que haga funcionar una válvula de control (elemento final de control).
- **Elemento de medida:** Normalmente se trata de sensores/transmisores que miden la señal en cuestión y ellos mismos envían la señal al controlador. La señal enviada puede ser de tipo eléctrica o neumática, que son las más usuales.
- **Elemento final de control:** Es el elemento mediante el cual se puede modificar la variable que se quiere controlar. Recibe la señal del controlador a través del transductor.

3.1.4 Nomenclatura de los lazos de control

La primera letra hace referencia a la variable que se está controlando:

Letra	Variable de control
T	Temperatura
P	Presión
L	Nivel
F	Caudal

- Después se especifica el tipo de elemento dentro del lazo de control:

Letra	Tipo de elemento
C	Controlador
T	Transmisor
I/P	Transductor
VC	Válvula de control
AH	Alarma de máxima
AL	Alarma de mínima

- Tipo de equipo sobre el cual se está ejerciendo el control:

Letra	Tipo de equipo
TK	Tanque
P	Bomba
R	Reactor
IC	Intercambiador
CN	Condensador
CD	Columna destilación
E	Evaporador
RE	Reboiler
TS	Torre stripping
TA	Torre absorción
CR	Cristalizador
S	Secador
EF	Enfriador
SI	Silos
RS	Resina

- Zona de la planta donde se encuentra el sistema de control especificado.
- Número del lazo de control que tiene el equipo, ya que a veces un solo equipo tiene diferentes tipos de lazos de control.

3.2 Lista de instrumentación y control

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 100 Zona de almacenamiento		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca		MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN
ITEM	DESCRIPCION	SENSOR		INDICADOR		
PT-TK201A1	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P- TK201A1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- TK201A1	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV- TK201A1	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
LT-TK101C1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK101C1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-TK101D1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK101D1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-TK101E1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK101E1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-TK101F1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK101F1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-TK101G1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK101G1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-TK101H1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK101H1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-TK101I1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK101I1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
I/P-TK1011	Transductor intensidad -presión		Campo		Neumática	
LC-TK1011	Controlador-indicador de nivel			Panel	Eléctrica	
LCV-TK1011	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LT-TK102A1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 100 Zona de almacenamiento		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca					
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
LSH-TK102A1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-TK102B1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK102B1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-TK102C1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK102C1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-TK102D1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK102D1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-TK102E1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-TK102E1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
I/P-TK1021	Transductor intensidad -presión		Campo		Neumática	
LC-TK1021	Controlador-indicador de nivel			Panel	Eléctrica	
LCV-TK1021	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 200 Zona de reacción		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca					
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
LT-TK2011	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LAH-TK2011	Alarma de alto nivel			Panel	Eléctrica	
LAL-TK2011	Alarma de bajo nivel			Panel	Eléctrica	
I/P-TK2011	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
LC-TK2011	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
+LCV-TK2011	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
TT-IC201A1	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
I/P-IC201A1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TC-IC201A1	Controlador-indicador temperat.			Panel	Eléctrica	
TCV-IC201A1	Válvula de control temperatura		Campo		Neumática	
TT-IC201B1	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
I/P-IC201B1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TC-IC201B1	Controlador-indicador temperat.			Panel	Eléctrica	
TCV-IC201B1	Válvula de control temperatura		Campo		Neumática	
LT-R201A1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LAH-R201A1	Alarma de alto nivel			Panel	Eléctrica	
LAL-R201A1	Alarma de bajo nivel			Panel	Eléctrica	
I/P-R201A1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
LC-R201A1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
LCV-R201A1	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
PT-R201A2	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P-R201A2	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC-R201A2	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV-R201A2	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 200 Zona de reacción		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca						
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
TT-R201A3	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
I/P-R201A3	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TC-R201A3	Controlador-indicador temperat.			Panel	Eléctrica	
TCV-R201A3	Válvula de control temperatura		Campo		Neumática	
LT-R201B1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LAH-R201B1	Alarma de alto nivel			Panel	Eléctrica	
LAL-R201B1	Alarma de bajo nivel			Panel	Eléctrica	
I/P-R201B1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
LC-R201B1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
LCV-R201B1	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
PT-R201B2	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P-R201B2	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC-R201B2	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV-R201B2	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
TT-R201B3	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
I/P-R201A3	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TC-R201B3	Controlador-indicador temperat.			Panel	Eléctrica	
TCV-R201B3	Válvula de control temperatura		Campo		Neumática	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 300 Zona de tratamiento de gases		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca					
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
PT-TK301A1	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P- TK301A1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- TK301A1	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV- TK301A1	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
LT- TK301A2	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LAH- TK301A2	Alarma de alto nivel			Panel	Eléctrica	
LAL- TK301A2	Alarma de bajo nivel			Panel	Eléctrica	
I/P- TK301A2	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
LC- TK301A2	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
LCV- TK301A2	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
PT-TK301B1	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P- TK301B1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- TK301B1	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV- TK301B1	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
LT- TK301B2	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LAH- TK301B2	Alarma de alto nivel			Panel	Eléctrica	
LAL- TK301B2	Alarma de bajo nivel			Panel	Eléctrica	
I/P- TK301B2	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
LC- TK301B2	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
LCV- TK301B2	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
FT-TS3011A	Transmisor de caudal		Campo		Eléctrica	
FT- TS3011B	Transmisor de caudal		Campo		Eléctrica	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 300 Zona de tratamiento de gases		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca						
ITEM	DESCRIPCIÓN	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
I/P- TS3011	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
FC- TS3011	Controlador-indicador caudal			Panel	Eléctrica	
FCV- TS3011	Válvula de control de caudal		Campo		Neumática	
dTT- TS3012	Transmisor presión diferencial		Campo		Eléctrica	
dTAH- TS3012	Alarma de alto de presión diferencial			Panel	Eléctrica	
dTAL- TS3012	Alarma de bajo de presión diferencial			Panel	Eléctrica	
TT- TS3013	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
I/P- TS3013	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TC- TS3013	Controlador-indicador temperat.			Panel	Eléctrica	
TCV- TS3013	Válvula de control temperatura		Campo		Neumática	
LT- TS3014	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
I/P- TS3014	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
LC- TS3014	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
LCV- TS3014A	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV- TS3014B	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
PT-CP3041	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P- CP3041	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- CP3041	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV- CP3041	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
PT- TA3011	Transmisor de caudal		Campo		Eléctrica	
I/P- TA3011	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- TA3011	Controlador-indicador caudal			Panel	Eléctrica	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 300 Zona de tratamiento de gases		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca						
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
PCV- TA3011	Válvula de control de caudal		Campo		Neumática	
PT- TA3012	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P- TA3012	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- TA3012	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV- TA3012	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
PT- TA3013	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P- TA3013	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- TA3013	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV- TA3013	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
LT- TA3014	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
I/P- TA3014	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
LC- TA3014	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
LCV- TA3014	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
TT- TA3015	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
I/P- TA3015	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TC- TA3015	Controlador-indicador temperat.			Panel	Eléctrica	
TCV- TA3015	Válvula de control temperatura		Campo		Neumática	
TT- TA3016	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
I/P- TA3016	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TC- TA3016	Controlador-indicador temperat.			Panel	Eléctrica	
TCV- TA3016	Válvula de control temperatura		Campo		Neumática	
dPT- TA3017	Transmisor presión diferencial		Campo		Eléctrica	
dPAH- TA3017	Alarma de alto de presión diferencial			Panel	Eléctrica	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 300 Zona de tratamiento de gases		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca						
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
dPAL- TA3017	Alarma de bajo de presión diferencial			Panel	Eléctrica	
PT-CP3061	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P- CP3061	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- CP3061	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV- CP3061	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
TT- E3011	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
I/P- E3011	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TC- E3011	Controlador-indicador temperat.			Panel	Eléctrica	
TCV- E3011	Válvula de control temperatura		Campo		Neumática	
PT- E3012	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P- E3012	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- E3012	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV- E3012	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
PT-CN301A1	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P- CN301A1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- CN301A1	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV- CN301A1	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
PT-CN301B1	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
I/P- CN301B1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
PC- CN301B1	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PCV- CN301B1	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
LT- TK302A1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
I/P- TK302A1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 300 Zona de tratamiento de gases		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca						
ITEM	DESCRIPCIÓN	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
LC- TK302A1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
LCV- TK302A1A	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV- TK302A1B	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV- TK302A1C	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LT- TK302B1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
I/P- TK302B1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
LC- TK302B1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
LCV- TK302B1A	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV- TK302B1B	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV- TK302B1C	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	

ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN	
			SENSOR	INDICADOR			
		LISTA DE EQUIPOS Planta: Acido Acético Localización: Barcelona, Zona Franca		ÁREA: 400 Zona de obtención de subproductos y recuperación de catalizador		Proyecto: Producción Acido Acético Fecha de revisión:	
TT-CD4011	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica		
I/P- CD4011	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática		
TC- CD4011	Controlador-indicador temperat.			Panel	Eléctrica		
TCV-CD4011	Válvula de control temperatura		Campo		Neumática		
LT-CD4012	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica		
I/P- CD4012	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática		
LC- CD4012	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica		
LCV-CD4012	Válvula de control nivel		Campo		Neumática		
TT-CD4013	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica		
I/P- CD4013	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática		
TC- CD4013	Controlador-indicador temperat.			Panel	Eléctrica		
TCV-CD4013	Válvula de control temperatura		Campo		Neumática		
PT-CN4011	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica		
I/P- CN4011	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática		
PC- CN4011	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica		
PCV- CN4011	Válvula de control de presión		Campo		Neumática		
LT-TK401A1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica		
I/P- TK401A1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática		
LC- TK401A1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica		
LCV- TK401A1	Válvula de control nivel		Campo		Neumática		
LCV- TK401A2	Válvula de control nivel		Campo		Neumática		
LCV- TK401A3	Válvula de control nivel		Campo		Neumática		

ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN	
			SENSOR	INDICADOR			
		LISTA DE EQUIPOS Planta: Ácido Acético Localización: Barcelona, Zona Franca		ÁREA: 400 Zona de obtención de subproductos y recuperación de catalizador		Proyecto: Producción Ácido Acético Fecha de revisión:	
LT-TK401B1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica		
I/P- TK401B1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática		
LC- TK401B1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica		
LCV- TK401B1	Válvula de control nivel		Campo		Neumática		
LCV- TK401B2	Válvula de control nivel		Campo		Neumática		
LCV- TK401B3	Válvula de control nivel		Campo		Neumática		
CT-RS401A1	Transmisor de conductividad		Campo		Eléctrica		
I/P- RS401A1	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática		
LC- RS401A1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica		
CCV- RS401A1	Válvula de control conductividad		Campo		Neumática		
CCV- RS401A2	Válvula de control conductividad		Campo		Neumática		
CCV- RS401B1	Válvula de control conductividad		Campo		Neumática		
CCV- RS401B2	Válvula de control conductividad		Campo		Neumática		

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 600 Zona de obtención de producto		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca						
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
LT-CR601A1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LAH-CR601A1	Alarma de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LAL-CR601A1	Alarma de bajo nivel		Campo		Eléctrica	
LC-CR601A1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P- CR601A1	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV- CR601A1	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LT-CR601B1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LAH-CR601B1	Alarma de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LAL-CR601B1	Alarma de bajo nivel		Campo		Eléctrica	
LC-CR601B1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P- CR601B1	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV- CR601B1	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LT-CR601C1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LAH-CR601C1	Alarma de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LAL-CR601C1	Alarma de bajo nivel		Campo		Eléctrica	
LC-CR601C1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P- CR601C1	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV- CR601C1	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LT-CR601D1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LAH-CR601D1	Alarma de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LAL-CR601D1	Alarma de bajo nivel		Campo		Eléctrica	
LC-CR601D1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P- CR601D1	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV- CR601D1	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 600 Zona de obtención de producto		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca						
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
PCV-CR601A2	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
I/P- CR601A2	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
PC- CR601A2	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PT- CR601A2	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
PCV-CR601B2	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
I/P- CR601B2	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
PC- CR601B2	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PT- CR601B2	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
PCV-CR601C2	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
I/P- CR601C2	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
PC- CR601C2	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PT- CR601C2	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
PCV-CR601D2	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
I/P- CR601D2	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
PC- CR601D2	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
PT- CR601D2	Transmisor de presión		Campo		Eléctrica	
TT-CR601A3	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
TC- CR601A3	Controlador-indicador temperatura			Panel	Eléctrica	
I/P- CR601A3	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TCV- CR601A3	Válvula de control de temperatura		Campo		Neumática	
TT-CR601B3	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 600 Zona de obtención de producto		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca		MARGEN DE LECTURA			
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
TC- CR601B3	Controlador-indicador temperatura			Panel	Eléctrica	
I/P- CR601B3	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TCV- CR601B3	Válvula de control de temperatura		Campo		Neumática	
TT-CR601C3	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
TC- CR601C3	Controlador-indicador temperatura			Panel	Eléctrica	
I/P- CR601C3	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TCV- CR601C3	Válvula de control de temperatura		Campo		Neumática	
TT-CR601D3	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
TC- CR601D3	Controlador-indicador temperatura			Panel	Eléctrica	
I/P- CR601D3	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TCV- CR601D3	Válvula de control de temperatura		Campo		Neumática	
TT-T6012	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
TC- T6012	Controlador-indicador temperatura			Panel	Eléctrica	
I/P- T6012	Transductor intensidad-presión		Campo		Neumática	
TCV- T6012	Válvula de control de temperatura		Campo		Neumática	
LT-T6011	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 600 Zona de obtención de producto		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca						
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
LAH-T6011	Alarma de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LAL-T6011	Alarma de bajo nivel		Campo		Eléctrica	
LC-T6011	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P-T6011	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV-T6011	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
PT-CN6011	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
PC- CN6011	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
I/P- CN6011	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
PCV- CN6011	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
PT-CN6021	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
PC- CN6021	Controlador-indicador presión			Panel	Eléctrica	
I/P- CN6021	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
PCV- CN6021	Válvula de control de presión		Campo		Neumática	
LT-TK601A1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LC-TK601A1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P-TK601A1	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV-TK601A1	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 600 Zona de obtención de producto		Proyecto: Producción Ácido Acético	
	Planta: Ácido Acético				Fecha de revisión:	
	Localización: Barcelona, Zona Franca					
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
LCV-TK601A2	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV-TK601A3	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LT-TK601B1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LC-TK601B1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P-TK601B1	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV-TK601B1	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV-TK601B2	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV-TK601B3	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LT-TK602A1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LC-TK602A1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P-TK602A1	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV-TK602A1	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV-TK602A2	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV-TK602A3	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LT-TK602B1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LC-TK602B1	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P-TK602B1	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV-TK602B1	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV-TK602B2	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
LCV-TK602B3	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 700 Zona de purificación y almacenamiento de subproducto		Proyecto: Producción Ácido Adípico	
	Planta: Ácido Adípico				Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca						
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
LT-S7012	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LC- S7012	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P-S7012	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV-S7012	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	
HA-S7011	Alarma de humedad		Campo		Eléctrica	
HT-S7011	Transmisor de humedad		Campo		Eléctrica	
HC-S7011	Controlador-indicador humedad			Panel	Eléctrica	
I/P-S7011	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
HCV-S7011	Válvula de control de humedad		Campo		Neumática	
TT-S7011	Transmisor de temperatura		Campo		Eléctrica	
TC- S7011	Controlador-indicador temperatura			Panel	Eléctrica	
I/P- S7011	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
TCV- S7011	Válvula de control de temperatura		Campo		Neumática	
LSH-SI701A1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-SI701A1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-SI701B1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-SI701B1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-SI701C1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-SI701C1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-SI701D1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-SI701D1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-SI701F1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	

	LISTA DE EQUIPOS		ÁREA: 700 Zona de purificación y almacenamiento de subproducto		Proyecto: Producción Ácido Adípico	
	Planta: Ácido Adípico				Fecha de revisión:	
Localización: Barcelona, Zona Franca						
ITEM	DESCRIPCION	MARGEN DE LECTURA	SITUACIÓN		ACTUACIÓN	OBSERVACIÓN
			SENSOR	INDICADOR		
LT-SI701F1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LSH-SI701G1	Sensor de alto nivel		Campo		Eléctrica	
LT-SI701G1	Transmisor de nivel		Campo		Eléctrica	
LC-SI7011	Controlador-indicador nivel			Panel	Eléctrica	
I/P- SI7011	Transductor intensidad/presión		Campo		Neumática	
LCV- SI7011	Válvula de control de nivel		Campo		Neumática	

3.3 Descripción y diagramas de los lazos de control

3.3.1 Control de los retores (R-201 YR-202)

- Control de temperatura:

El reactor es el lugar donde se produce la reacción de oxidación del ciclohexanol y ha de operar a una temperatura constante (80°C), y debido a que la reacción es muy exotérmica, a este parámetro se le presta gran atención. Además de esta condición, la presión también es muy importante para que la conversión sea la máxima. Por esta razón, se diseña un sistema de refrigeración en el reactor, para que la temperatura en el reactor se mantenga constante y así no se vea afectada la reacción ni la efectividad del catalizador. La circulación del líquido refrigerante a través de la camisa de media caña será variable en función de mantener la temperatura en el valor deseado. Para eso, mediante un sensor de temperatura que lea el valor en el interior del reactor, dará una señal a un controlador que actuará sobre una válvula de entrada de agua de refrigeración de la media caña. Si la temperatura es superior a la deseada, las válvulas de control se abrirán más de manera que permita una mayor refrigeración debido al aumento de caudal. En el caso contrario, el caudal de agua será menor si la temperatura en el interior del reactor es inferior a la deseada, disminuyendo de esta forma la refrigeración.

- Control de presión:

El reactor debe trabajar a presión constante (1.36 atm.). Para mantener este valor, el lazo de control se basa en un sensor que lee la presión en el interior del reactor. El controlador, según la señal que le llegue, actuará sobre la válvula de control de la corriente de salida de los gases del reactor. Si la presión aumenta, el controlador abrirá más la válvula de salida de gases y la presión en el reactor disminuirá. Por lo contrario si la presión en el reactor es menor a la deseada, la válvula de control se cerrará un poco más.

- Control de nivel:

Este lazo de control se basa en un sensor de nivel que transmite la información a un controlador que hace actuar sobre una válvula que regula la corriente de líquido de salida en el fondo del reactor. Si el nivel del líquido es superior al deseado, la válvula de corriente de salida del líquido se abrirá más. Así, aumentando el caudal de salida, se vaciará el reactor hasta recuperar el nivel óptimo. Si el reactor, por lo contrario, comienza a vaciarse, el controlador también actuará, pero en este caso cerrando parcialmente la válvula de salida del reactor.

3.3.2 Control de los tanques de almacenamiento de materias primas (TK-101A/B/C/D/E/F/G/H/I, TK-102A/B/C/D/E)

- Control de nivel:

Este control es muy importante. Diariamente vienen camiones cisterna suministradores de los reactivos. Es importante este control para transportar los reactivos desde los camiones a los tanques que están más vacíos y al mismo tiempo, siempre tomar los reactivos para el proceso de los tanques que están más llenos. Existe una única conducción para cada reactivo, con una bomba, que partirá de los camiones. Esta conducción se bifurcará en los diferentes tanques con una conducción para cada tanque. Cada una de estas bifurcaciones tiene una válvula automática. Además, por la parte inferior de cada tanque, sale una conducción con otra válvula automática, y todas ellas se unirán en una única conducción que será la que se dirija al proceso.

El lazo de control para el llenado de tanques, se basa en un sensor de nivel en cada tanque. Estas señales llegan a un controlador que actuará sobre la válvula de control de la corriente principal. En cada tanque hay un sensor de máximo nivel. Cuando un tanque se ha llenado hasta ese nivel, la válvula automática de la bifurcación de este tanque se cierra y la corriente principal comienza a llenar un nuevo tanque. Para el vaciado de los tanques, el sistema es similar.

3.3.3 Control de los tanques de mezcla (TK-201)**- Control de nivel**

En este tanque se unen diferentes corrientes: la corriente de tope de la columna de destilación (CD-401), la corriente que sale de las centrífugas (C-602A/B), parte de la corriente líquida que sale del evaporador (EV-301) y corriente de alimento fresco de ácido nítrico procedente de los tanques de almacenamiento (TK-101A/B/C/D/E/F/G/H/I). Se considera que todas estas corrientes mantienen su composición en todo momento. Por esta razón, el control se basa en la medida de nivel del tanque TK-201, que conducen la información a un controlador que lo compara con la relación de consigna. Este controlador actúa sobre una válvula de control de corriente de ácido nítrico de entrada, de manera que la relación de ácido nítrico al tanque sea la deseada para reaccionar en los reactores.

3.3.4 Control de los tanques de almacenamiento intermedio (TK-302A/302B/401A/401B/601A/601B/602A/602B)**- Control de nivel:**

La función principal de estos tanques, es romper el vacío del líquido condensado. En todos los casos se hace igual.

Por ejemplo, en el caso de los tanques TK-302A/B, recogen el líquido de proceso por gravedad, a la salida de los condensadores CN-301A/B. Cada uno de estos tanques, estarán también conectados al sistema de vacío, que es el mismo al que está sometido el condensador. De esta manera el líquido caerá en uno de esos tanques (pues trabajan de forma alternativa) a la presión de vacío a la que estaba en el condensador. Con el sensor de nivel que existe en cada tanque, aporta una información al controlador. Esta información, si es que el tanque está lleno, el controlador actuará sobre la válvula de entrada del líquido de proceso a ese tanque cerrándola, y cerrando también la válvula que conecta a ese tanque con el sistema de vacío, y abriendo a la vez las siguientes válvulas de control: la de entrada del líquido de proceso al tanque dispuesto en paralelo, y la válvula lateral que está directamente a presión atmosférica, lo que romperá el vacío.

3.3.5 Control de la columna de destilación (CD-401)

En este equipo, se precisa tres controles fundamentales. Se puede elegir diferentes modos, pues la temperatura, presión y composición están íntimamente relacionadas. En esta columna, la presión (a vacío), es un parámetro fijado por el diseño, que se tendrá que controlar en el condensador, para que la condición de la presión que se quiere sea la deseada, pero esto es ajeno al control de la columna

- Control de temperatura:

En la columna de destilación se desea que la temperatura en el fondo de la columna tenga un valor determinado, pues en función de que este valor sea diferente al óptimo, la cantidad de vapor que se tiene en el fondo de la columna cambiará, y eso influye directamente a la eficiencia de la columna y por tanto, en la composición de las corrientes de salida. Por eso, mediante un sensor de temperatura en el fondo de la columna, transmite una información al controlador, el cual actuará directamente sobre la válvula de entrada del vapor de agua que se introduce en el reboiler para evaporar la corriente de proceso. De esta manera, si la temperatura es inferior a la deseada, la válvula de entrada al reboiler de vapor de agua se abrirá y el caudal de entrada de vapor de agua aumenta, y con ello, la transferencia de calor. Actuando de forma contraria en el caso de que la temperatura sea superior.

- Control de nivel en el reboiler (RE-401):

Además, el nivel del líquido en el reboiler se debe controlar, para que la eficiencia de la columna sea la deseada. Para eso se pone un sensor de nivel en el reboiler. En función de la información que dé éste, el controlador actuará cerrando (en el caso de que el nivel sea inferior al de consigna) o abriendo (si el nivel es superior al deseado) la válvula de salida del líquido de proceso en el reboiler. Otra alternativa a esto, podría ser utilizando con un variador de frecuencia.

- Control de temperatura en el tope de CD-401:

En la parte superior de la columna, se controlará el reflujo (que depende directamente de la eficiencia del equipo). Esto se hará con un sensor de temperatura en el tope de la columna. Esto da información directamente de la cantidad de vapor que hay en la parte superior, y en consecuencia la cantidad de líquido que condensa (pues se trata de condensador total). En función de lo que transmita, el controlador actuará sobre la válvula de salida del líquido de proceso que se dirige al siguiente equipo, y lo que afectará directamente a la cantidad de reflujo que se introduce de nuevo en la columna.

3.3.6 Control de la resina (RS-401A/B)

- Control de conductividad:

Para este equipo, se tiene que tener en cuenta que su diseño se ha basado en que el tiempo de regeneración será el mismo que el de colmatación. Por esa razón, mediante un sensor de conductividad en la corriente de proceso a la salida de la resina, dará información del estado de ésta. Se colocan dos resinas en paralelo, cada una con dicho sensor. Éste aporta la información al controlador. Si esa información indica que la conductividad de la corriente es nula, significa que la resina está colmatada (y debido a lo indicado anteriormente, implica que la otra que está en paralelo, se acaba de regenerar). En este caso, el controlador actuará cerrando la válvula de entrada a esta resina del líquido de proceso y abriendo la válvula de entrada a esa resina, del líquido regenerante.

3.3.7 Control del evaporador (E-301)

Este equipo trabaja a vacío (280mmHg), por lo que este parámetro estará controlado ya que el vacío se centraliza en un único sistema. En función del sensor de presión, el controlador actuará sobre la válvula de salida de vapor que abandona el evaporador. Si la presión es superior a la deseada, la válvula de salida de vapor se abrirá más hasta alcanzar el valor de presión de diseño. Actuará de forma contraria en el caso de que la lectura del sensor de presión sea inferior a la deseada.

- Control de temperatura:

El control de este equipo es muy sencillo, pues para su buen funcionamiento es necesaria la colocación de un sensor de temperatura en el mismo. En función de su lectura, el controlador actuará sobre la válvula de entrada de vapor al equipo. Si la temperatura es superior a la deseada, el controlador actuará sobre dicha válvula cerrándola parcialmente. De forma contraria, si la temperatura es inferior, la válvula se abrirá, permitiendo un mayor flujo de vapor, hasta que aumente la temperatura al valor óptimo.

3.3.8 Control de los intercambiadores de calor (IC-201/202)

- Control de temperatura:

El control en estos equipos se basa en la eficiencia del mismo, para que acondicionen correctamente las corrientes de proceso. Para eso, mediante un sensor de temperatura en la corriente de salida de proceso del intercambiador, dará una información al controlador, que actuará directamente en la válvula de entrada del líquido refrigerante. De esta manera, si la temperatura que lee el sensor es superior a la deseada, la válvula de entrada del líquido refrigerante se abrirá parcialmente hasta que la temperatura alcance el valor óptimo. Actuará de forma contraria en el caso de que la temperatura de la corriente sea inferior a la deseada.

3.3.9 Control del tanque de mezcla (TK-301A/301B)

- Control de nivel de líquido:

Este equipo debe llevar integrado un sistema de control de nivel que consista en un sensor de nivel, que envíe una señal digital analógica al controlador de la válvula reguladora del caudal de salida y mediante una señal neumática esta válvula de control se abra o se cierre en mayor o menor proporción. Este sistema ha de tener un par de alarmas de nivel, tanto de alta como de baja y sistemas de cerrado de válvulas manuales que actúen sobre el caudal de líquido de salida, porque cualquier fallo en el sistema de control puede provocar el vaciado o la inundación del tanque.

3.3.10 Control de la torre de stripping (TS-301)**- Control de caudal de gas:**

Este equipo debe llevar integrado un sistema de control de caudal que consista en un sensor de caudal de líquido, que envíe una señal digital analógica al controlador de la válvula reguladora del caudal de gas y mediante una señal neumática esta válvula de control se abra o se cierre en mayor o menor proporción.

Este sistema está pensado mediante control de caudal de gas midiendo el de líquido, ya que en la torre se asegura que la separación va a ser la deseada debido a que está sobredimensionada con más etapas de equilibrio, de tal manera que se controla con el sistema de control más sencillo y económico.

- Control de temperatura:

Debido a la reacción química este equipo también debe de llevar integrado un sistema de control de temperatura que consista en un sensor de temperatura, que envíe una señal digital analógica al controlador de la válvula reguladora del caudal de líquido de refrigerante que circula por la camisa de media caña y mediante una señal neumática esta válvula de control se abra o se cierre en mayor o menor proporción.

- Control de nivel:

Debido a las necesidades de operación este equipo también debe de llevar integrado un sistema de control auxiliar de nivel líquido que consista en un sensor de nivel, que envíe una señal analógica al controlador de la válvula todo-nada y mediante una señal neumática esta válvula de control se abra o se cierre en mayor o menor proporción.

3.3.11 Control de la zona de la mezcla de los gases y oxidación del NO**- Control de presión:**

Este equipo debe llevar integrado un sistema de control de presión que consista en un sensor de caudal de presión al final del tramo de tubería donde se realiza la reacción de oxidación del NO a NO₂, que envíe una señal digital analógica al controlador de la válvula reguladora de presión y mediante una señal neumática esta válvula de control se abra o se cierre en mayor o menor proporción.

Este sistema de control está pensado para asegurar que la oxidación del NO llegue a la conversión deseada y para ello se tiene que asegurar unas condiciones mínimas de presión, si la presión es la deseada al final de la tubería, reactor, podemos asegurar que la conversión será la deseada.

3.3.12 Control de la torre de absorción (TA-301)

- Control de caudal de líquido:

Este equipo de llevar integrado un sistema de control de caudal que consista en un sensor de caudal de gas, que envíe una señal digital analógica al controlador al controlador de la válvula reguladora del caudal de líquido y mediante una señal neumática esta válvula de control se abra o se cierre en mayor o menor proporción.

Este sistema está pensado mediante control de caudal de líquido midiendo el de gas, ya que en la torre se asegura que la separación va ser la deseada debido a que la torre está sobredimensionada con mas etapas de equilibrio de tal manera que controlamos con el sistema de control más sencillo y económico.

- Control de temperatura:

Debido a la reacción química este equipo también debe de llevar integrado un sistema de control de temperatura que consista en un sensor de temperatura, que envíe una señal digital analógica al controlador al controlador de la válvula reguladora del caudal de líquido de refrigerante que circula por la camisa de media caña y mediante una señal neumática esta válvula de control se abra o se cierre en mayor o menor proporción.

- Control de nivel:

Debido a las necesidades de operación este equipo también debe de llevar integrado un sistema de control auxiliar de nivel líquido que consista en un sensor de nivel, que envíe una señal analógica al controlador al controlador de la válvula todo-nada y mediante una señal neumática esta válvula de control se abra o se cierre en mayor o menor proporción.

3.3.13 Control de cristalizadores (CR-601A/601B/601C/601D/602A/602B)**- Control de nivel de líquido:**

Se basa en una sonda de nivel que transmite la información hacia un controlador que hace actuar una válvula de la corriente líquida de salida. Si por cualquier motivo el cristalizador se llenara por encima del nivel estipulado, la válvula de la corriente de salida de líquido se iría abriendo gracias al controlador.

Así aumentando el caudal de salida del tanque se vaciará hasta recuperar el nivel óptimo. Si el cristalizador empezara a vaciarse de forma anormal, el controlador también actuaría haciendo cerrar parcialmente la válvula de salida, reduciendo el caudal de salida.

- Control de temperatura:

Para que tenga lugar la cristalización se deben mantener unas condiciones determinadas de temperatura y presión de vacío. Por lo tanto, la temperatura es un parámetro importante ya que para que se dé la cristalización hay que aumentar la temperatura. Dicho aumento de temperatura se consigue mediante una camisa de media caña por la que circula vapor de agua. Por tanto, se debe controlar la temperatura del interior del tanque i actuar sobre la entrada de vapor.

- Control de la presión del gas:

Como se ha comentado en el apartado anterior, la presión de vacío junto a la temperatura es un parámetro clave para la cristalización, ya que el vacío permite evaporar agua a temperaturas por debajo de su punto de ebullición (a presión atmosférica), con lo cual, si no se mantiene dicha presión en el valor de diseño no tendrá lugar la cristalización del adípico.

Por tanto, para mantener la presión de vacío en el interior del cristalizador se ha desarrollado un lazo de control que consiste en un sensor de presión que lee la presión en la zona del gas del interior del cristalizador, entonces el controlador con el valor evaluado actúa sobre la válvula de control que comunica con el sistema de vacío. De manera que, si la presión aumenta por encima del margen considerado óptimo se abrirá más la válvula y por consiguiente se hará más vacío; en cambio, si la presión disminuye demasiado, la válvula se irá cerrando cada vez más, hasta llegar al valor óptimo de presión.

3.3.14 Control del tanque de redisolución (T-601)

En el tanque de redisolución se añaden los cristales de adípico obtenidos en la primera cristalización, junto a una determinada cantidad de agua con el fin de redisolover el adípico pero manteniendo ciertos núcleos donde crecerán los cristales. De esta manera se obtienen cristales de mayor tamaño.

Por tanto, uno de los parámetros claves para la redisolución del adípico es la temperatura.

Además, se debe controlar que el nivel de líquido no sobrepase el nivel máximo del tanque.

- Control de temperatura:

Para que tenga lugar la redisolución del adípico hay que calentar, pues la solubilidad aumenta con la temperatura. Dicho aumento de temperatura se consigue mediante un serpentín por el que circula vapor de agua. Por tanto, se debe controlar la temperatura del interior del tanque i actuar sobre la entrada de vapor en el serpentín.

- Control de nivel:

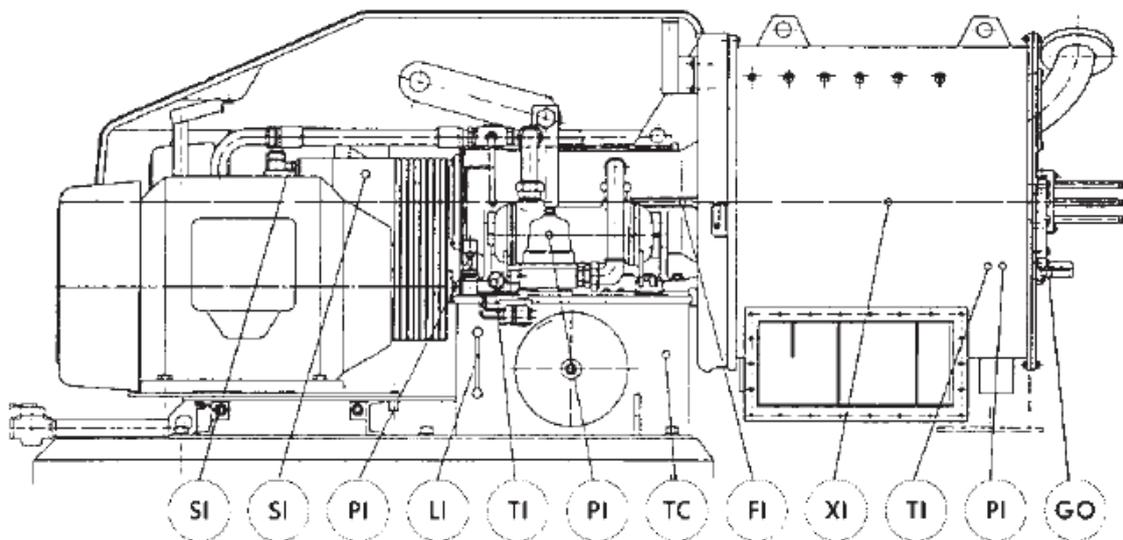
Al igual que en el cristizador, el control de nivel para el tanque de redisolución consiste en una sonda de nivel que transmite la información hacia un controlador que hace actuar una válvula de la corriente líquida de salida. Si por cualquier motivo el tanque se llenara por encima del nivel estipulado, la válvula de la corriente de salida de líquido se iría abriendo gracias al controlador.

Así aumentando el caudal de salida del tanque se vaciará hasta recuperar el nivel óptimo. Si el tanque empezara a vaciarse de forma anormal, el controlador también actuaría haciendo cerrar parcialmente la válvula de salida, reduciendo el caudal de salida.

3.3.15 Control de las centrifugas (C-601A/601B/601C/601D/602A/602B)

Las centrifugas utilizadas no están diseñadas por nosotros sino que están proporcionadas por la empresa Ferrum, la cual también proporciona el control para estas centrifugas y lo incorporan en su interior.

Presentan un control eficaz para el sistema de centrifugación, el cual consiste en:



- SI: monitorización de la velocidad del rotor
- TC monitorización de la temperatura del aceite
- SI monitorización del la frecuencia de empuje
- FL monitorización de la lubricación
- PL presión de aceite en pantalla
- XL monitorización de las vibraciones
- LI visualización del nivel de llenado de aceite
- TI monitorización de la temperatura del proceso
- TI temperatura del aceite en pantalla
- PI monitorización de la presión del proceso
- PI Filtro de contaminación en pantalla
- GO monitorización de puerta

3.3.16 Control del secador y el enfriador (S-701 Y EF-701)

El secador es utilizado para acabar de quitar toda la humedad de los cristales de ácido adípico; para eso hace falta calentar, por tanto, antes de almacenar el producto también es necesario enfriarlo. Por esta razón se ha instalado también un enfriador. Ambos equipos son de lecho fluidizado por el cual pasa nitrógeno gas.

Se han instalado tres lazos de control en el secador y dos para el enfriador. El primer lazo de control del secador es para controlar la humedad, el segundo es para el control de la temperatura y el tercero para controlar la fluidización del lecho. Estos dos últimos lazos son también instalados en el enfriador.

- Control de humedad en el secador:

El control de humedad, es necesario porque como nos interesa que el producto salga con la mínima humedad posible (0,2%), se debe de controlar que esto suceda realmente. La manera de controlarlo es mediante un sensor de humedad en la corriente de salida del adípico que transfiere la señal hasta llegar al controlador el cual actúa sobre la válvula de control del caudal de vapor del intercambiador para el nitrógeno con el fin de calentar más el nitrógeno y por tanto quitar más humedad.

- Control de temperatura en el secador y enfriador:

También es necesario controlar la temperatura pues estos equipos están diseñados para trabajar a una temperatura determinada. El control de temperatura es el mismo que el de los cristalizadores.

- Control de nivel en el secador y el enfriador:

Tanto el secador como el enfriador son de lecho fluidizado, con lo cual, hay que instalar un segundo lazo de control para controlar que realmente el lecho fluidice. Esto se consigue mediante un sensor de nivel de ambos equipos el cual nos informa de si se ha sobrepasado la altura mínima de fluidización, en caso negativo, la señal que ha sido transmitida hasta el controlador, hará que el controlador actúe sobre la válvula de control del caudal de nitrógeno, para aumentar dicho caudal, i por tanto, el nivel de fluidización.

3.3.17 Control de los silos (SI-701A/701B/701C/701D/701E/701F)

El llenado de los silos con el producto que proviene del enfriador, es controlado mediante un PLC (sistema SCADA).

Un **PLC** (Controlador Lógico Programable) en sí es una máquina electrónica la cual es capaz de controlar máquinas e incluso procesos a través de entradas y salidas. Las entradas y las salidas pueden ser tanto analógicas como digitales.

Del enfriador se descarga el producto en una tolva de donde un tornillo sin fin va descargando el producto en una cinta transportadora con una serie de bifurcaciones para comunicarse con los silos. Mediante el PLC, el programa del cual se basa en un árbol de secuencias lógicas, se abrirían las compuertas de la zona de la cinta que comunica con cada silo; también se abriría la válvula de entrada al silo que corresponda, manteniendo la válvula de salida cerrada. El método consistiría en lo siguiente:

Primero, por defecto, todas las válvulas de entrada y salida de los silos, así como las compuertas que comunican con cada uno de ellos, se mantienen cerradas.

Luego, como hay un sensor de nivel de silos, el cual nos muestra por pantalla el nivel del silo, enviará la señal al PLC y este actuará cerrando la compuerta y la válvula del silo lleno y abriendo la compuerta y la válvula del siguiente silo vacío. Así pues el método sería el siguiente:

- Silo 1 lleno? → sí → cerrar compuerta y válvula del silo 1 y abrir silo 2.
→ no → llenar silo 1
- Silo 2 lleno? → sí → cerrar compuerta y válvula del silo 2 y abrir silo 3.
→ no → llenar silo 2

Así con todos los silos. Siguiendo un orden ascendente, es decir siempre se va llenando el silo de número inmediatamente superior al llenado recientemente. De esta manera al llenarse el último silo, se empezará a llenar otra vez el primero.

En cuanto a la descarga, ésta se puede realizar presionando un botón que aparece en pantalla, el cual enviará la señal a la válvula de salida del silo que se quiera vaciar.

3.4 Hojas de especificaciones

	Válvula de control		Ítem nº:	
	Proyecto nº: 1		Proyecto nº: 1	
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño: Adipic Manufacturer	
	Localización: Zona Franca		Hoja: De:	
DATOS GENERALES				
Denominación:		Tubería:		
Señal de entrada procedente del controlador:				
CONDICIONES DE SERVICIO				
Fluido: Agua		Líquido: X		
	Unidades	Máximo	Normal	Mínimo
Caudal másico	Kg/h			
Presión de entrada	Bar			
Presión de salida	Bar			
Pérdida de carga	Bar			
Temperatura	°C			
Densidad	Kg/m ³			
Cf usadas para los cálculos				
DATOS DE OPERACIÓN				
Características	Todo-nada: ●		Isoporcentual:	
El fluido tiende a:	Abrir el obturador: ●		Cerrar el obturador:	
Actuación:	Neumática: ●		Eléctrica:	
Alimentación:	psi	24 V	Hz	
Señal de salida:	psi	4-20mA	Hz	
Consumo				
Señal de entrada	Abre:		Cierra:	
Resort	Abre:		Cierra:	
Posición en caso de fallada de señal		Abierta:		
Posicionador (sí/no): SI		Acción: Directa:		Inversa:
Mando manual (sí/no): SI				
DATOS DE CONSTRUCCION				
Forma del cuerpo :		Material: -----		
Forma del obturador: Bola		Material: -----		
Diámetro de paso:		Obturador:		
Tipo de conexiones:		Norma de conexiones: ASME		
Número de asiento: 1		Grado de hermeticidad: 0.01 valor kvs		
Diámetro del asiento:		Material: -----		
Tipo de cierre: metal-metal		Material estopada: -----		
Material de juntas:		Tapón de purga (sí/no):SI		
Tipo de actuador:		Simple efecto: SI		
Tipo de posicionador:		Simple efecto: SI		
Conexiones		Alimentación:		
		Señal de entrada:		
Peso total (kg):				
DATOS DE INSTALACIÓN				
Temperatura ambiente (°C) :		Máxima:450		Mínima:-196
Protección del posicionador y/o actuador: NO				
Calorificado de la válvula: NO				
Actuador respecto la válvula		Vertical: X	Horizontal:	
Distancia al controlador:				
Filtro reductor(sí/no) :NO				
Manómetro (si/no):NO				
MODELO ESCOGIDO				
Subministrador: SAMSON				

		Sensor-transmisor temperatura		Ítem nº: TT-CR601A3	APROBADO:
		Planta: Producción ácido adípico		Proyecto nº:	Área:
		Localización: Zona Franca		Diseño: Adipic Manufacturer	Fecha:
		Hoja:	De:	Pág nº:	
DATOS GENERALES					
Denominación: TT-CR601A3					
Transmite señal a: TC- CR601A3					
CONDICIONES DE SERVICIO					
Fluido:				Estado: líquido	
	Máximo	Normal	Mínimo		
Presión (mmHg)		30			
Temperatura (°C)		35			
Densidad (Kg/ m ³)		1000			
DATOS DE OPERACIÓN					
Actuación:		Neumática:			
		Eléctrica: X			
Alimentación:		24 V	Boca nº:		
Señal de salida:		4-20 mA	Boca nº:		
Acción:		Directa, aumento de caudal si la señal de salida aumenta			X
		Inversa, aumento de caudal si la señal de salida disminuye			
Campo de medida (SPAN): -40 – 135°C					
Sensibilidad: ±0,75°C				Calibrado: sí	
Indicador en campo (sí/no): sí					
Ajuste del cero (sí/no): sí					
DATOS TÉCNICOS					
Cuerpo unidad sensible: PT 100 D					
Material de la unidad sensible: acero inoxidable					
Dimensiones:		Diámetro de conexión:			
		Longitud entre conexiones (mm):			
Vaina (sí/no): sí					
Dimensiones:		Diámetro:		Longitud:	
Diámetro conexión proceso:				Tipo y norma:	
Vaina contiene líquido (sí/no):				Calidad:	
Medida tubo unidad sensible en caja transmisora:					
Medida de las conexiones:		Alimentación:		Boca nº:	
		Señal de salida:		Boca nº:	
Pes total (kg): 0,5					
DATOS DE INSTALACIÓN					
Temperatura ambiente (°C):		Máxima:		Mínima:	
Protección caja de transmisión:					
Distancia unidad sensible-caja transmisión:					
Distancia al controlador:				FOTOGRAFIA 	
Posición: vertical					
Soporte: no					
Filtro reductor: no		Manómetro: no			
Presión de origen:					
MODELO					
Subministrador: Honeywell					
Modelo: STT 350					
Nº de serie: Series STT 350					

	Válvula de control		Ítem nº:		APROBADO:	
			Proyecto nº:		Área:	
	Planta: Producción ácido adípico		Diseño: Adipic manufacturer		Fecha:	
	Localización: Zona Franca		Full:	De:	Pág nº:	
DATOS GENERALES						
Denominación:			Tubería:			
Señal de entrada procedente del controlador:						
CONDICIONES DE SERVICIO						
Fluido:		Líquido: X		Gas:		
	Unidades	Máximo	Normal	Mínimo		
Caudal másico	Kg/h		22408			
Presión de entrada	Bar		1.01			
Presión de salida	Bar		0.9952			
Pérdida de carga	Bar		0.0148			
Temperatura	°C		-15			
Densidad	Kg/m ³		1062			
DATOS DE OPERACIÓN						
Características		Todo-nada:		Asiento: ●		
El fluido tiende a:		Abrir el obturador: ●		Cerrar el obturador:		
Actuación:		Neumática: ●		Eléctrica:		
Alimentación:	psi	24 V	Hz	Boca Nº:		
Señal de salida:	psi	4-20mA	Hz	Boca Nº:		
Consumo						
Señal de entrada	Abre:		Cierra:			
Resort	Abre:		Cierra:			
Posición en caso de fallo de señal		Abierta: ●		Cerrada:		
Posicionador (sí/no): SI		Acción: Directa: ●		Inversa:		
Mando manual (sí/no): SI						
DATOS DE CONSTRUCCIÓN						
Forma del cuerpo:			Material: -----			
Forma del obturador: isoporcentual			Material: -----			
Diámetro de paso:			Obturador:			
Tipo de conexiones:			Norma de conexiones: ASME			
Número de asiento: 1			Grado de hermeticidad: 0.01 valor kvs			
Diámetro del asiento:			Material: -----			
Tipo de cierre: metal-metal			Material estopada: -----			
Material de juntas:			Tapón de purga (sí/no):SI			
Tipo de actuador:			Simple efecto: SI		Doble efecto:	
Tipo de posicionador:			Simple efecto: SI		Doble efecto:	
Conexiones		Alimentación:		Boca nº:		
		Señal de entrada:		Boca Nº:		
Peso total (kg):150						
DATOS DE INSTALACIÓN						
Temperatura ambiente (°C) : Máxima:			Mínima:-			
Protección del posicionador y/o actuador: NO						
Calorificado de la válvula: NO						
Actuador respecto la válvula		Vertical: X	Horizontal:		FOTOGRAFIA 	
Distancia al controlador:						
Filtro reductor (sí/no) :NO						
Manómetro (sí/no):NO						
MODELO ESCOGIDO						
Subministrador: SAMSON						
Modelo:						
Nº de serie:						

